

Universitat de Lleida
Escola Politècnica Superior
Enginyeria Tècnica Industrial, especialitat en Mecànica

Projecte Final de Carrera

Màquina per l'anàlisi de vibracions

Autora: Marta Ardiaca Marsol

Director: Ferran Badia Pascual

Maig 2007



0.0 ÍNDIX GENERAL DEL PROJECTE

1.0	MEMÒRIA	1
1.1	OBJECTE	4
1.2	ABAST	4
1.3	ANTECEDENTS	4
1.4	NORMES I REFERÈNCIES	5
1.4.1	Disposicions legals i normes aplicables	5
1.4.2	Bibliografia	6
1.4.3	Programes de càlcul i realització del projecte	7
1.5	ABREVIATURES	7
1.6	REQUISITS DE DISSENY	8
1.7	REQUISITS TÈCNICS	8
1.8	INTRODUCCIÓ TEÒRICA	9
1.8.1	Introducció a les vibracions	9
1.8.2	Definicions i conceptes bàsics	10
1.8.2.1	Vibració periòdica	10
1.8.2.2	Moviment harmònic	11
1.8.2.3	Moviment harmònic simple	12
1.8.2.4	Moviment vibratori d'un grau de llibertat	12
1.8.2.5	Vibracions forçades harmònicament	16
1.8.3	Causes de les vibracions forçades	18
1.9	ANÀLISIS DE LES SOLUCIONS	19
1.9.1	Anàlisis de l'estructura general de la màquina	19
1.9.2	Anàlisis de la guia	20
1.9.3	Anàlisis de l'accionament de la base	22



1.9.4	Anàlisi del sistema d'adquisició de dades	22
1.10	RESULTATS FINALS	26
1.10.1	Estructura general de la màquina	27
1.10.2	Guiatge	29
1.10.3	Estructura de suport de les masses	30
1.10.4	Conjunt massa – molla	31
1.10.5	Accionament del conjunt massa – molla	33
1.10.6	Sensor	37
1.10.7	Fixació del sensor	39
1.10.8	Caixa de connexions	42
2.0	ANNEX 1. PROCÈS DE FABRICACIÓ	45
2.1	Procés de fabricació	47
2.2	Planificació de la fabricació	48
3.0	ANNEX 2. CÀLCULS	50
3.1	CÀLCUL DEL PLEGAT DE LES ESTRUCTURES	52
3.1.1	Plegat de l'estructura general de la màquina	52
3.1.2	Plegat d'elements crítics en l'estructura	56
3.1.3	Plegat de l'estructura de suport de les masses	57
3.2	CÀLCUL DEL DISSENY DE LA MOLLA	60
4.0	ANNEX 3. ESPECIFICACIONS	65
4.1	ESPECIFICACIONS DE LA FONT D'ALIMENTACIÓ	67



4.2	ESPECIFICACIONS DEL SENSOR I ACCESORIS DE MUNTATGE	68
4.3	GUÍA DE L'USUARI PER A LA TARJA D'ADQUISICIÓ DE DADES	72
5.0	PLEC DE CONDICIONS	98
5.1	OBJECTE DEL PLEC DE CONDICIONS	100
5.2	DESCRIPCIÓ DEL PROJECTE	100
5.3	NORMATIVA I REGLAMENTS	101
5.4	CONDICIONES TÈCNIQUES	102
5.5	CONDICIONS DE MUNTATGE	102
5.6	MANTENIMENT	103
5.7	FULLS D'ESPECIFICACIONS	105
6.0	ESTAT D'AMIDAMENTS	118
6.1	INTRODUCCIÓ	120
6.2	LLISTAT D'ELEMENTS I QUANTITATS	121
6.2.1	ELEMENTS ESTRUCTURALS	121
6.2.2	SISTEMA MASSA – MOLLA	121
6.2.3	SISTEMA DE GUIATGE	122
6.2.4	SISTEMA I SOPORT DE L'ACCIONAMENT DEL MOVIMENT DE LA BASE	122
6.2.5	SISTEMA D'ADQUISICIÓ DE DADES	123
6.2.6	CAIXA DE CONEXIONS	123
7.0	PRESSUPOST	125
7.1	LLISTAT D'ELEMENTS I QUANTITATS	127
7.1.1	ELEMENTS ESTRUCTURALS	127
7.1.2	SISTEMA MASSA – MOLLA	127
7.1.3	SISTEMA DE GUIATGE	128
7.1.4	SISTEMA I SOPORT DE L'ACCIONAMENT DEL MOVIMENT DE LA BASE	128

Universitat de Lleida



Màquina per l'anàlisi de vibracions

0.ÍNDEX GENERAL DEL PROJECTE

Marta Ardiaca Marsol

7.1.5	SISTEMA D'ADQUISICIÓ DE DADES	_____	129
7.1.6	CAIXA DE CONEXIONS	_____	129
7.2	RESUM DEL PRESSUPOST	_____	131
8.0	PLÀNOLS	_____	132



1. Memòria



1.0 ÍNDEX DE LA MEMÒRIA

1.1	OBJECTE	_____	4
1.2	ABAST	_____	4
1.3	ANTECEDENTS	_____	4
1.4	NORMES I REFERÈNCIES	_____	5
1.4.1	Disposicions legals i normes aplicables	_____	5
1.4.2	Bibliografia	_____	6
1.4.3	Programes de càlcul i realització del projecte	_____	7
1.5	ABREVIATURES	_____	7
1.6	REQUISITS DE DISSENY	_____	8
1.7	REQUISITS TÈCNICS	_____	8
1.8	INTRODUCCIÓ TEÒRICA	_____	9
1.8.1	Introducció a les vibracions	_____	9
1.8.2	Definicions i conceptes bàsics	_____	10
1.8.2.1	Vibració periòdica	_____	10
1.8.2.2	Moviment harmònic	_____	11
1.8.2.3	Moviment harmònic simple	_____	12
1.8.2.4	Moviment vibratori d'un grau de llibertat	_____	12
1.8.2.5	Vibracions forçades harmònicament	_____	16
1.8.3	Causes de les vibracions forçades	_____	18
1.9	ANÀLISIS DE LES SOLUCIONS	_____	19
1.9.1	Anàlisis de l'estructura general de la màquina	_____	19
1.9.2	Anàlisis de la guia	_____	20
1.9.3	Anàlisis de l'accionament de la base	_____	22
1.9.4	Anàlisis del sistema d'adquisició de dades	_____	22



1.10	RESULTATS FINALS	26
1.10.1	Estructura general de la màquina	27
1.10.2	Guiatge	29
1.10.3	Estructura de suport de les masses	30
1.10.4	Conjunt massa – molla	31
1.10.5	Accionament del conjunt massa – molla	33
1.10.6	Sensor	37
1.10.7	Fixació del sensor	39
1.10.8	Caixa de connexions	42



1.1 Objectiu

L'objecte d'aquest projecte radica en la creació d'una màquina per a l'anàlisi de vibracions, aquestes seran d'un grau de llibertat, permetent ser accionades lliurement o bé de forma forçada.

Aquesta màquina està pensada per la realització de pràctiques de l'assignatura d' Ampliació de Física del segon curs d' Enginyeria Tècnica Industrial, especialitat en mecànica.

Es preveu la fabricació de tres còpies més del prototip, per a la realització de pràctiques en el laboratori de física, per tal d'entendre la matèria d'una forma més visual.

1.2 Abast

L'abast del projecte consisteix en el disseny del prototip, la construcció del mateix i la comprovació del funcionament tant de la part purament mecànica com de la part elèctrica.

La realització del programa per a la visualització de les dades obtingudes, no correspon a aquest projecte, així com la creació de la guia de pràctiques.



1.3 Antecedents

En el laboratori trobem una màquina per l'estudi de vibracions d'un grau de llibertat, tant lliures com forçades mitjançant el desbalanceig de les masses i el moviment de la base. Degut a l'alt preu de fabricació i les dimensions d'aquesta s'ha desestimat la realització de més còpies. Fet que fa necessari la creació d'un equip complementari a aquest.

1.4 Normes i referències

1.4.1 Disposicions legals i normes aplicades

Norma UNE 157201:2002 Criteris generals per a la realització de projectes.

Norma UNE-EN en ISO 5455 Dibuixos tècnics. Escales.

Norma UNE-EN en ISO 5456-1 I 5456-2 Dibuixos tècnics. Mètodes de projecció.

Norma UNE-EN en ISO 6463 Dibuixos tècnics. Referències dels elements.

Norma UNE-EN ISO 6410:1996 Dibuixos tècnics. Rosques i peces roscades.

Norma UNE 1121-1:1991 Dibuixos tècnics. Toleràncies geomètriques.



Norma UNE-EN ISO 8826-1:1995 Dibuixos tècnics. Rodaments.

Norma UNE 36071 Referent als acers al carboni.

Norma EN 60204 Seguretat de les màquines i equip elèctric de les màquines.

RD 444/94 Referent a compatibilitat electromagnètica.

RD 485/97 Referent a senyalització de seguretat.

RD 486/97 Referent a seguretat en els llocs de treball.

RD 487/97 Referent a manipulació manual de càrregues.

RD 1215/97 Referent a la seguretat dels equips de treball.

RD 1435/92 Referent a seguretat en màquines i components de seguretat.

1.4.2 Bibliografia

- Thomson, W.T, Teoria de vibraciones. Aplicaciones.
Editorial Prestice-Hall Hispanoamericana, S.A.
- Tipler, A.P, Física
Editorial Reverte, S.A.



- Apunts de "Mecànica i teoria de mecanismes".
- Apunts de "Tecnología mecànica".

1.4.3 Programes de càlcul i realització del projecte

Autocad 2005, per a la realització de plànols.

Microsoft Word i Microsoft Excel, per a la redacció dels documents i taules.

Paint, per al processament d'imatges i figures.

Working Model, per a la visualització de les simulacions de mecanismes.

Powerpoint, per a la realització de la presentació del projecte.



1.5 Abreviatures

	SÍMBOL	UNITATS
Període	T	s
Freqüència	f	Hz
Freqüència angular	w	rad/s
Posició lineal	x	M
Velocitat lineal	\dot{x}	m/s
Acceleració angular	\ddot{x}	m/s ²

1.6 Requisits de disseny

La màquina ha de tenir un pes i dimensions reduïdes per facilitar el transport d'aquesta per part dels alumnes, així com permetre ser guardades en els armaris del laboratori.

Ha de permetre una visualització clara dels seus components, no em d'oblidar el component didàctic d'aquesta.

Aquesta ha de tenir un cost viable per a la fabricació de quatre còpies d'aquest prototip.

1.7 Requisits tècnics



1. La màquina ha de permetre estudiar els següents moviments en sistemes d'un grau de llibertat.
 - Vibracions lliures. A partir de la separació de la base de la seva posició d'equilibri. La posició d'equilibri la fixem en el punt més baix del sistema.
 - Vibracions forçades. Mitjançant l'accionament de la base, s'ha de crear un moviment harmònic simple.
2. S'han de poder variar la massa del sistema, així com les molles d'aquesta.
3. Degut a que el sistema és d'un grau de llibertat, fixem un eix de referència per al moviment de la màquina, aquest serà en l'eix de les Y, ja que permet la vibració lliure facilitant el desplaçament de la molla.
4. El moviment de les vibracions forçades, ha de mantenir l'amplitud constant, variant la freqüència del sistema.

1.8 Introducció teòrica

1.8.1 Introducció a les vibracions

Una vibració mecànica és el moviment d'una partícula o un cos que es desplaça de forma repetitiva al voltant d'una posició d'equilibri. La majoria de les vibracions són indesitjables en màquines i estructures, ja que incrementen



els esforços mecànics i les pèrdues d'energia, per tant, és convenient evitar-les o minimitzar-les mitjançant un disseny adequat.

Aquestes vibracions poden ser provocades per diferents causes. Pot ser deguda al moviment d'una màquina o una part d'aquesta, al fregament entre superfícies, a impactes, a l'acció del vent sobre estructures,...

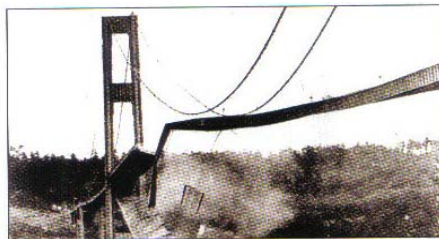


Figura 1.1 Pont Tacoma Narrows (Washington 1940) – Va ser destruït a causa de les vibracions ressonants induïdes pel vent que no era especialment fort.

En altres casos les vibracions si resulten desitjables. Per exemple en un vibrador per compactar ciment, o en el mecanisme d'avis de trucades d'un telèfon mòbil, massatges, alimentadors vibratoriis, etc.

Les vibracions que es generen en una font són transmeses al receptor, que pot ser tant una màquina com una persona, mitjançant diferents medis com poden ser l'aire principalment, suports, etc.

Les vibracions s'han de tenir molt en compte a l'hora de dissenyar un aparell, però també s'ha de tenir en compte en el moment del seu manteniment ja que mirant l'evolució de les vibracions d'una màquina podem deduir l'estat d'aquesta. També els responsables de salut de l'empresa han de tenir en compte que les vibracions són una font de soroll i provoquen malestar en el cas d'entrar en contacte en un medi que les esta transmetent.

1.8.2 Definicions i conceptes bàsics



1.8.2.1 Vibració periòdica

Una vibració és l'estudi d'un moviment de període T . És aquell on la posició d'un punt en un instant qualsevol es repeteix a cada període. Es compleix que :

$$x(t) = x(t + T) \quad \text{Fórmula n° 1}$$

Existeixen dos tipus de vibracions, les vibracions forçades i les vibracions lliures:

- Vibració lliure: Es produeix quan un sistema (com el de la figura 1.2) oscil·la sota l'acció de forces que són inherents al mateix sistema, és a dir, les forces externes aplicades són inexistents. Aquest moviment es produeix separant el sistema de la seva posició

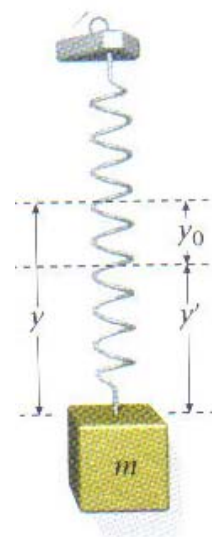


Figura 1.2

d'equilibri, aplicant-hi unes condicions inicials de velocitat o ambdues accions a la vegada.

- Vibració forçada: Vibració que es produeix sota l'excitació de forces externes.

Els graus de llibertat d'un sistema vibrant són el número de coordenades independents que necessitem per descriure el moviment d'un sistema.

1.8.2.2. Moviment Harmònic



Un moviment és harmònic és un moviment periòdic que es pot identificar com la projecció sobre una línia recta d'un punt que es mou sobre una circumferència a velocitat constant. Els paràmetres que la caracteritzen són els següents:

- **Període (T) :** És el temps que tarda un punt en trobar-se en les mateixes condicions de vibració que en el punt de referència. Les unitats del període són els segons (s) en unitats del SI (Sistema Internacional).
- **Freqüència (f) :** és el nombre d'oscil·lacions completes per unitat de temps. Les unitats de la freqüència del SI són Hertz (Hz) que equival a la inversa d'un segon (s⁻¹).
- **Freqüència angular (w) :** També coneguda com velocitat angular, és una mesura de rotació. És mesura en radianys per segon (rad / s) o simplement en la inversa dels segons (s⁻¹) ja que els radianys es una unitat adimensional. S' han de satisfer les següents relacions:

$$\omega = \frac{d\theta}{dt} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \quad \text{Fórmula n° 2}$$

$$f = \frac{1}{T} \quad \text{Fórmula n° 3}$$

1.8.2.3 Moviment Harmònic Simple

Un moviment harmònic és moviment harmònic simple si es compleix la següent relació:



Marta Ardiaca Marsol

$$\ddot{x} = -a \cdot x(t) \quad \text{Fórmula n° 4}$$

On **a** es una constant.

L'equació del moviment harmònic simple de freqüència angular w on l'amplitud (A) és el màxim desplaçament d'un punt respecte a la seva posició d'equilibri i α és la constant de fase s'expressa de la forma següent:

$$x(t) = A \cdot \sin(\omega t + \alpha) \quad \text{Fórmula n° 5}$$

També es poden expressar amb l'anomenada equació de la freqüència angular:

$$x(t) = A_1 \cdot \sin(\omega t) + A_2 \cdot \cos(\omega t) \quad \text{Fórmula n° 6}$$

1.8.2.4 Moviment vibratori d'un grau de llibertat

Els moviments vibratoris d'un grau de llibertat poden ser esmorteïts o no esmorteïts.

En el cas de vibracions lliures no esmorteïdes, l'estudi dinàmic d'aquests sistemes porta a una equació diferencial que relaciona l'acceleració amb el desplaçament:

$$m \cdot \ddot{x} + k \cdot x = 0 \quad \text{Fórmula n° 7}$$

La solució de l'equació anterior respon a l'equació d'un moviment harmònic simple de freqüència, la freqüència natural:



Marta Ardiaca Marsol

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad \text{Fórmula nº 8}$$

Així doncs la freqüència natural és la freqüència amb la que vibra un sistema lliure no esmorteït.

Per un altre costat trobem les vibracions lliures esmorteïdes (figura.1.3) en les que el seu estudi dinàmic porta a la següent expressió:

$$m \cdot \ddot{x} + c \cdot \dot{x} + k \cdot x = 0 \quad \text{Fórmula nº 9}$$

L'equació característica d'aquesta equació diferencial respon a la següent expressió:

$$m \cdot s^2 + c \cdot s + k = 0 \quad \text{Fórmula nº 10}$$

En aquest moment s'està en condicions de definir l'amortiment crític que respon a la següent fórmula:

$$C_c = 2 \cdot m \cdot \omega_n \quad \text{Fórmula nº 11}$$

També es pot definir el factor d'amortiment:

$$\xi = \frac{C}{C_c} \quad \text{Fórmula nº 12}$$

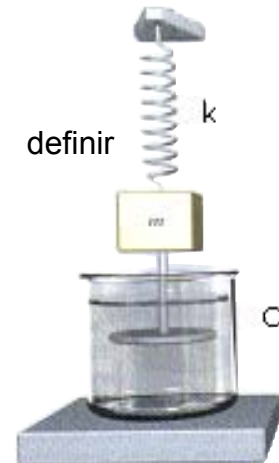


Figura 1.3

La resposta a l'equació diferencial enunciada respon a una expressió en funció del valor del factor d'amortiment. Aixà tenim que:

- Si el factor d'amortiment és major de 1 ens trobem davant d'un moviment **sobre-amortit**.

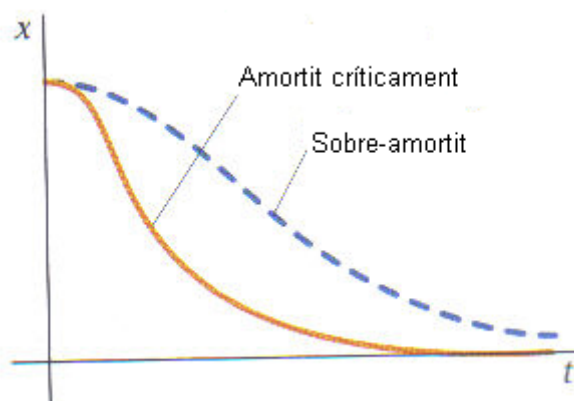


Figura 1.4 – Gràfica del amortiment crític i el sobre amortit.

- En el cas que el factor d'amortiment sigui igual a 1 es tractarà d'un moviment **amortit críticament**.
- Si es produeix una situació en que el factor d'amortiment és inferior a 1 obtindrem un moviment **infra-amortit**.

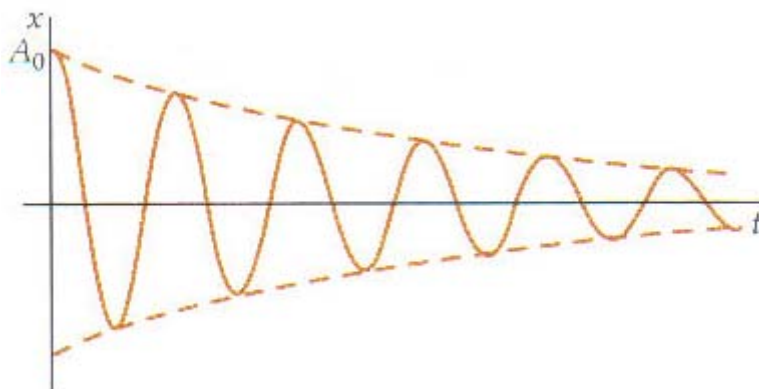


Figura 1.5 – Gràfica del moviment infra-amortit.



Quan el moviment és sobre-amortit l'equació característica té dues arrels λ_1 i λ_2 i la resposta del sistema ve donada per l'equació:

$$x(t) = A \cdot e^{\lambda_1 \cdot t} + B \cdot e^{\lambda_2 \cdot t}$$

Fórmula nº 13

Essent A i B constants que depenen de les condicions inicials. Observem que aquest tipus de moviment no es un moviment vibratori.

En el cas que s'estigui davant un moviment amortit críticament, l'equació té una única arrel w_n i la resposta del sistema ve donada per l'equació:

$$x(t) = (A + B \cdot t) \cdot e^{-\omega_n \cdot t}$$

Fórmula nº 14

Essent A i B constants que depenen de les condicions inicials. Com en el cas anterior, aquest moviment no es vibratori.

L'últim dels casos és quan el moviment infra-amortit en el que l'equació no té arrels reals i la resposta és:

$$x(t) = A \cdot e^{-\xi \omega_n} \cdot (\sin(\omega_d \cdot t + \alpha))$$

Fórmula nº 15

Aquest es un moviment harmònic d'amplitud decreixent. L'amplitud ve donada per l'expressió $A \cdot e^{-\xi \omega_n}$ i la seva freqüència és $\omega_d = \sqrt{1 - \xi^2}$.

El logaritme de la relació que existeix entre les amplituds d'un moviment infra-amortit s'anomena decrement logarítmic i ve definit per la següent expressió:



$$\delta = \ln\left(\frac{X_1}{X_2}\right) \quad \text{Fórmula nº 16}$$

Essent X_1 i X_2 dues amplituds consecutives. També es satisfan les següents relacions:

$$\delta = \frac{2\pi\xi}{\sqrt{1-\xi^2}} \quad \text{Fórmula nº 17} \quad \delta = \frac{1}{n} \cdot \ln\left(\frac{X_1}{X_2}\right) \quad \text{Fórmula nº 18}$$

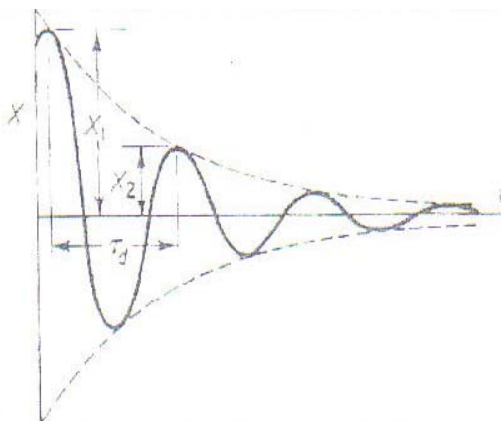


Figura 1.6 – Decrement Logarítmic

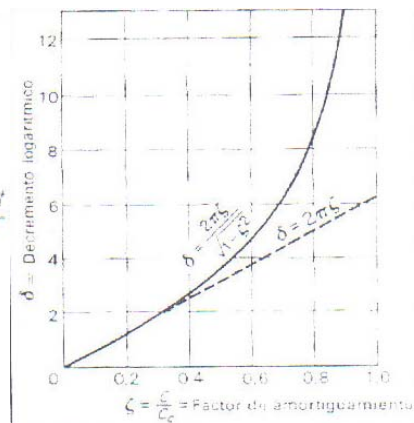


Figura 1.7 – Relació entre ξ i δ .

1.8.2.5 Vibracions forçades harmònicament

Les vibracions forçades harmònicament són aquelles en les quals el sistema està sotmès a una força externa de tipus harmònic o connectat a un suport animat d'un moviment harmònic. Com en el cas anterior, les vibracions forçades harmònicament poden ser amortiment o sense amortiment.



En el cas de tractar-se d'una vibració forçada harmònicament amb amortiment l'equació que defineix el moviment és la següent:

$$m \cdot \ddot{x} + c \cdot \dot{x} + k \cdot x = F_o \cdot \sin(\omega \cdot t + \alpha) \quad \text{Fórmula n° 19}$$

En aquest cas la vibració és la superposició de dos moviments, un de vibració lliure i un de vibració estacionària. Així sí:

- Si $\zeta > 1$ tenim que:

$$x(t) = (A \cdot e^{\lambda_1 t} + B \cdot e^{\lambda_2 t}) + X \cdot \sin(\omega \cdot t + \alpha - \Phi) \quad \text{Fórmula n° 20}$$

- Si $\zeta = 1$ tenim que:

$$x(t) = (A + B \cdot t) \cdot e^{-\omega_n t} + X \cdot \sin(\omega \cdot t + \alpha - \Phi) \quad \text{Fórmula n° 21}$$

- Si $\zeta < 1$ tenim que:

$$x(t) = A \cdot e^{-\zeta \omega_n t} \cdot \sin(\omega_d \cdot t + \beta) + X \cdot \sin(\omega \cdot t + \alpha - \Phi) \quad \text{Fórmula n° 22}$$

En tots els casos el primer sumand (vibració lliure o transitòria) desapareix al poc temps i el moviment s'estaciona en la vibració estacionària:

$$x(t) = X \cdot \sin(\omega \cdot t + \alpha - \Phi) \quad \text{Fórmula n° 23}$$

$$X = \frac{F_o / k}{\sqrt{(1 - r^2)^2 + (2 \cdot \zeta \cdot r)^2}} \quad \text{Fórmula n° 24}$$



$$\Phi = \arctg\left(\frac{2 \cdot \xi \cdot r}{1 - r^2}\right)$$

Fórmula nº 25

En ressonància ($\omega = \omega_n$) és quan la part estacionària de l'equació es d'amplitud màxima.

1.8.3 Causes de les vibracions forçades

Una de les causes més usals de l'excitació de vibracions és el moviment ràpid de masses, tot i que, la màquina dissenyada en aquest projecte no analitzarà aquest tipus d'excitacions.

- Rotors desequilibrats: Motors elèctrics, generadors, turbines, compressors, bombes rotatives,...
- Masses amb moviments alternatiu: Premses, motors,...

El disseny adequat és necessari però no suficient per garantir un funcionament sense vibracions. La no uniformitat dels materials, les toleràncies i els defectes de fabricació són causes usals de distribucions de massa incorrectes i per tant de l'aparició de vibracions. Aquests defectes poden corregir-se mitjançant aportació o extracció de massa a les peces ja fabricades – equilibrat -. Un exemple molt corrent són les rodes d'un cotxe que sovint s'ha d'equilibrar perquè produeixen excessives vibracions al voltant del vehicle.



1.9 Anàlisis de les solucions

1.9.1 Anàlisis de l'estructura general de la màquina

L'estructura com ja sabem ha de ser econòmica, lleugera i a de tenir unes dimensions reduïdes, partint d'aquestes bases s'han obtingut tres possibles solucions.

En un principi es pensa en una estructura basada en una plataforma rígida amb dos barres unides verticalment que ens serveixin com a esquelet i alhora de guia per al mecanisme massa – molla.

Una segona opció radica en la creació de peces metàl·liques unides mitjançant quatre barres roscades, unides aquestes mitjançant quatre cargols dos en cada extrem de cadascuna d'aquestes barres.

Es desestimen aquestes opcions ja que no assegurin l'estabilitat del conjunt, doncs la col·locació dels diferents elements pot desestabilitzar-la fet del tot indesitjat.



L'última opció, està formada per una estructura única, aquesta està doblegada per les seves quatre cantonades, de on resulta una estructura en forma de caixa amb la part davantera lliure.

L'opció triada es la tercera, perquè ofereix les següents avantatges:

- Permet una major estabilitat del conjunt, degut a que l'acoblament dels diferents components, com el sensor, la guia i la serra de calar, no ha de permetre cap tipus de fricció o desequilibri.
- Permet una manipulació més còmoda per part de l'alumne, encara que els dissenys anteriors poden resultar més lleugers, l'opció triada resulta més ergonòmica.
- Permet un fàcil muntatge i desmuntatge dels components ja que no existeixen obstacles per accedir a tots els components que s'han de moure per a la realització d'assajos.
- Econòmicament, és l'opció més viable, tant en la seva fabricació com en l'adquisició dels materials.

1.9.2 Anàlisi de la guia

El sistema de guiatge ha de permetre el desplaçament vertical només en aquesta direcció, tenir en compte el recorregut efectiu del conjunt i obtenir la mínima fricció entre les superfícies de contacte.



En el primer moment es va pensar en la construcció de les peces, però aquesta opció va ser desestimada degut a la poca fiabilitat dels resultats i l'alt preu de les peces resultants, ha d'oferir un grau molt alt de lliscament. Després de realitzar una recerca en el mercat ens varem quedar amb dos possibles solucions.

La primera consta de dos carrils, un inclòs en l'altre i realitzant el desplaçament mitjançant rodaments cilíndrics, col·locats longitudinalment pel carril interior que es desplacen mitjançant uns carrils que guien el moviment linealment.



Figura 1.8 - Imatge del primer sistema de guiatge

La segona opció consta d'una barra que als seus laterals disposa d'unes ranures sortints en forma de V, que aniran encaixats amb uns rodets.

El sistema triat és el segon, pels següents motius:

- Redueix el pes del conjunt total, fet important per no carregar massa la molla.



- Ofereix un lliscament més adient, en la primera opció no llisca lliurement pateix un fregament molt elevat.
- El recorregut efectiu del primer es desplaça en tota la longitud de la barra que no té unes dimensions excessives, fet que no succeeix en la primera opció, ja que resulta un rang de desplaçament molt elevat fet que augmentaria molt les dimensions del conjunt.

1.9.3 Anàlisi de l'accionament de la base

L'accionament de la base s'ha de realitzar mitjançant un mecanisme de jou escocès degut a que és el mecanisme més apropiat per a la creació d'un moviment harmònic simple. La creació del mecanisme requereix un alt grau de precisió en la fabricació, fet que encareix molt el resultat final, per aquest motiu es va pensar en la recerca d'algun aparell ja comercialitzat que incorporés aquest tipus de mecanisme, que no tingués un preu excessivament car i que es pogués ajustar en la màquina sense problemes de compatibilitat amb la màquina dissenyada.

Aquest mecanisme és la serra de calar que no ofereix unes dimensions excessives i a més permet la col·locació d'una barra en la seva posició de la serra per a poder accionar el mecanisme de la massa – molla. Dintre del mercat hem realitzat un estudi entre les màquines que disposen d'aquest tipus d'accionament i finalment hem optat per una de les màquines anomenada Black&Decker, ja que es la que ofereix major qualitat en el mecanisme i assegurava la completa fiabilitat dels seus components, en definitiva millor relació qualitat – preu.



1.9.4 Anàlisis del mode d'adquisició de dades

Per a l'adquisició de dades, s'ha decidit des d'un primer moment en la recerca d'un sensor, unit a una tarja d'adquisició de dades. Degut a l'exactitud que ofereixen aquestos aparells en la lectura de dades.

Realitzant una cerca pel mercat hem anat concretant l'elecció, degut al moviment que realitzarà l'aparell s'acota la recerca en els sensors de desplaçament lineal, dintre d'aquest apartat hem trobat:

Sensors de desplaçament lineal :

- Amb contacte
 - Regletes de contacte
 - Potenciòmetre de desplaçament lineal
- Sense contacte
 - LVDT
 - Regles òptiques i regles magnètiques.



Segons les característiques de la màquina, com el recorregut efectiu del conjunt massa – molla i la fixació del sensor en l'estructura de suport de les masses. S'ha optat per l'elecció del sensor LVDT, ja que ofereix una alta qualitat en les lectures, com en la versatilitat per a la fixació del mateix.

El funcionament del sensor és basa en el canvi d'inductància deguda a la presència d'un objecte metàl·lic. El principi de funcionament es pot veure en la següent figura:

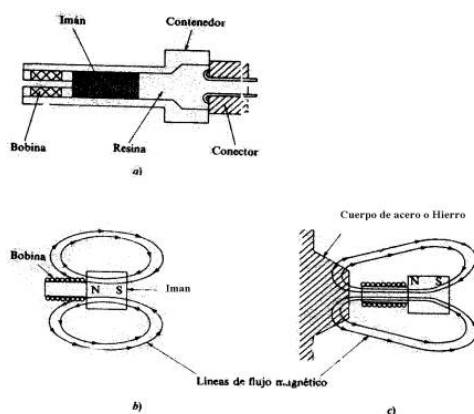


Figura 6.8 a) Un sensor inductivo. b) Forma de las líneas de flujo en la ausencia de un cuerpo ferromagnético. c) Formas de las líneas de flujo cuando un cuerpo ferromagnético se lleva a las proximidades del sensor.

Figura 1.9 – Imatge del sensor inductiu.

La figura mostra un diagrama esquemàtic d'un sensor inductiu, que consisteix fonamentalment en una bobina enrotllada, situada al costat d'un imant permanent empaquetat en un habitacle simple i robust.

L'efecte de portar el sensor a la proximitat d'un material ferromagnètic produeix un canvi en la posició de les línies del flux del imant permanent segons indica la figura. En condicions estàtiques no existeix moviment en les línies de flux, i no s'indueix ninguna corrent a la bobina. En canvi, quan un objecte ferromagnètic penetra en el camp del imant o l'abandona, el canvi resultant en



les línies de flux indueix un impuls de corrent, on l'amplitud i forma son proporcionals a la velocitat de canvi de flux.

La forma d'ona de la tensió, observada a la sortida de la bobina, proporciona un mitjà efectiu per a la detecció de posició. La tensió mesurada a través de la bobina varia com una funció de la velocitat a la que el material ferromagnètic s'introdueix al camp del iman. La polaritat de la tensió, fora del sensor, depèn de que l'objecte estigui penetrant el camp o sortint.

Existeix una relació entre l'amplitud de la tensió i la distància sensor – objecte. La sensibilitat cau ràpidament a l'augmentar la distància, i el sensor sol es eficaç per fraccions d'un mil·límetre.

Podem observar en la fotografia els diferents models:

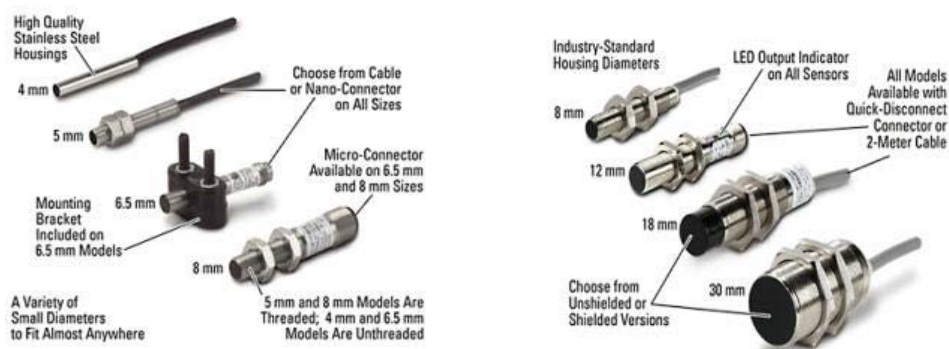


Figura 1.10 – Imatge dels diferents sensors.

El model del sensor triat és SM260.60.2.S, amb un desplaçament de 60 mm, amb vareta lliure, connexió mitjançant el connector Binder IP67.



1.10. Resultats finals

La màquina està formada per diferents elements, en aquests apartat realitzarem un anàlisi desglossat de cadascun d'ells, els diferents elements que la componen son:

- Estructura general de la màquina.
- Guiatge.
- Estructura per al suport de les masses.
- Conjunt massa – molla.
- Accionament del conjunt massa – molla.



- Sensor.
- Fixació del sensor.
- Caixa de connexions.

1.10.1 Estructura general de la màquina

L'estructura general de la màquina està construïda amb acer al carboni ST-37, de 3 mm de gruix, fabricada mitjançant tall per làser i doblegat. Aquesta està formada per un habitacle de forma rectangular, amb quatre pestanyes doblegades en la part davantera, deixant la part frontal lliure d'obstacles.

Les pestanyes es troben soldades mitjançant quatre cordons de soldadura, unides dos a dos en cada extrem d'aquestes. El soldat amplia les propietats de duresa del propi material assegurant la duresa i estabilitat del conjunt.



Figura 1.11 - Imatge de l'estructura general de la màquina

Posteriorment s'ha aplicat un tractament superficial de lacat, aplicant tres capes per protegir la xapa d'acer de possibles defectes futurs com l'oxidació. També s'havia pensat en aplicar un tractament de zincat, però augmentava considerablement el cost final del projecte, i augmentava el temps de fabricació. Visualment s'ha intentat destacar les parts més didàctiques, com l'estructura compleix l'única funció de sostenir els elements se li ha donat una tonalitat cromàtica menor.

A la pestanya superior troben les ranures per a la ubicació de la serra de calar. En la part inferior es troben distribuïts de forma equidistant els forats de M8 per a la col·locació dels aïlladors de vibracions, mitjançant volanderes i femelles de cap cec M8.

En la part lateral dreta (mirant frontalment), trobem quatre ranures situades verticalment, per a la subjecció de la part superior del sensor.



La part anterior d'aquesta disposa de quatre forats M5 per a la fixació de la guia.

Degut a la finalitat per la qual ha estat dissenyada l'estructura permet, la correcta subjecció dels elements, no interferint en cap forma a la inestabilitat dels resultats dels diferents experiments.

La màquina permet el fàcil accés a tots els elements que s'han de modificar o be separar per a ser guardats, com les masses, la molla, el sensor i la serra de calar. S'evita al màxim la possibilitat d'accidents realitzant arrodoniments en tots els escaires, eliminant tots els cantons vius.

La descripció dels elements que formen l'estructura es troben definits en el següents plànols:

PLÀNOL N° 1 - Estructura general de la màquina.

PLÀNOL N° 6 - Element suport elàstic i accesoris de muntatge.

1.10.2 Guiatge

El mecanisme massa – molla ha de ser d'un grau de llibertat, per tant hem de fixar les altres dues direccions i permetre només el moviment en una direcció. Aquesta serà la de l'eix de les Y, ja que permet el lliure desplaçament de la molla. Per aquest motiu s'ha triat aquest sistema de guiatge, format per una barra amb uns cantons sortits en forma de V, facilitant el joc amb quatre rodets ajustats al conjunt.



La barra estarà fixada a l'estructura en la seva part anterior mitjançant quatre cargols de M5, les corresponents volanderes i quatre femelles hexagonals de M5, tots ells zincats.



Figura 1.11 - Imatge de la guia.

Els rodaments lliscaran per la pista de la barra i estaran subjectades mitjançant femelles zincades a l'estructura de suport de les masses, aquests quatre rodaments es disposaran de forma repartida per aquesta.



Figura 1.12 - Imatge del rodament.



Figura 1.13 - Imatge de la fixació dels rodets a l'estructura de suport de les masses.

L'ajust d'ambdós components ha de ser el més òptim possible degut a que és decisiu alhora d'obtenir unes bones lectures del mecanisme. S'ha d'intentar ajustar al màxim per reduir al màxim el fregament, ja que una fricció elevada frenaria el desplaçament dels components, reduint el número de lectures.

Els diferents plànols d'aquest apartat els trobem :



PLÀNOL N° 7 – Sistema de guiatge.

1.10.3 Estructura de suport de les masses

L'estructura de suport de les masses ha estat dissenyada pensant en tres criteris de disseny previs, ha de permetre la fixació dels rodaments, la incorporació de les masses, i la fixació de la vareta del sensor. Aquests tres factors porten al dimensionament d'aquesta,.

L'estructura està creada per acer al carboni de 1,5 mm de gruix, fabricada mitjançant tall per làser i doblegat. Té una forma quasi quadrada, doblegada pels seus extrems, superior e inferior, foradades ambdós per a la col·locació d'una barra roscada de M6, que uneix el conjunt massa – molla. La part inferior disposa en la part externa d'un allargament del mateix material, reforçada en l'escaire, per evitar el vinclament. En el seu extrem està foradada M5, per permetre la subjecció del sensor. La part posterior disposa de quatre forats per incorporar els rodaments.

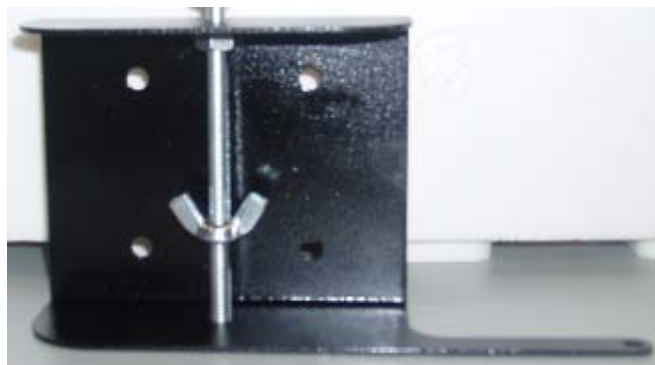


Figura 1.14 - Imatge de l'estructura de suport de les masses



A l'estructura s'ha aplicat un tractament superficial de lacat, realitzant tres capes per evitar la corrosió.

Els dimensionat de l'element el trobem en els plànols:

PLÀNOL Nº 3 – Estructura de suport de les masses.

1.10.4 Conjunt massa – molla

El conjunt massa – molla ha estat dissenyat per permetre el desplaçament lliure del conjunt o bé de manera forçada, mitjançant la creació d'un moviment harmònic simple.

La molla en la part superior estarà unida a una vara roscada M6 fixada mitjançant dos cargols, en l'altre costat de la vara existeix un rebaix de material ficat a la serra de calar tal i com explicarem en el següent apartat. La molla en la part inferior, també es solidària a una altra vara roscada de M6, mitjançant dos cargols, aquesta barra travessa verticalment l'estructura de suport de les masses. Tal i com veure en les següents imatges:



Figura 1.15 - Imatge de la subjecció de la molla



Figura 1.16 - Imatge de la subjecció de les masses

La molla serà un dels paràmetres modificables dels experiments previstos per aquesta màquina, fet pel qual hem realitzat una unió no fixa mitjançant els cargols, permetent la ràpida fixació. Les molles porten en el seu extrem una part circular per tal de que encastin perfectament en les vares roscades respectivament.

Els diferents detalls els podem trobar en:

PLÀNOL N° 9 – Molla.

Les masses s'han creat a partir de platines d'alumini. Les peces estan mecanitzades, per tal d'arrodonir els cantons vius inicials. En la part lateral mitja es realitza un rebaix per a poder ser fixades en la vara roscada i recolzades en l'estructura de suport de les masses. Per evitar el desplaçament d'aquestes seran subjectades per una femella papallona el la part superior. S'han d'assegurar la correcta subjecció dels diferents elements, degut a que en els desplaçaments no s'ha de crear interferències.



Figura 1.17 - Imatge de les masses.

S'han creat quatre masses de 50 g, que permetran la realització de les pràctiques modificant les masses del conjunt.

Les característiques les trobem:

PLÀNOL N° 10 – Masses.

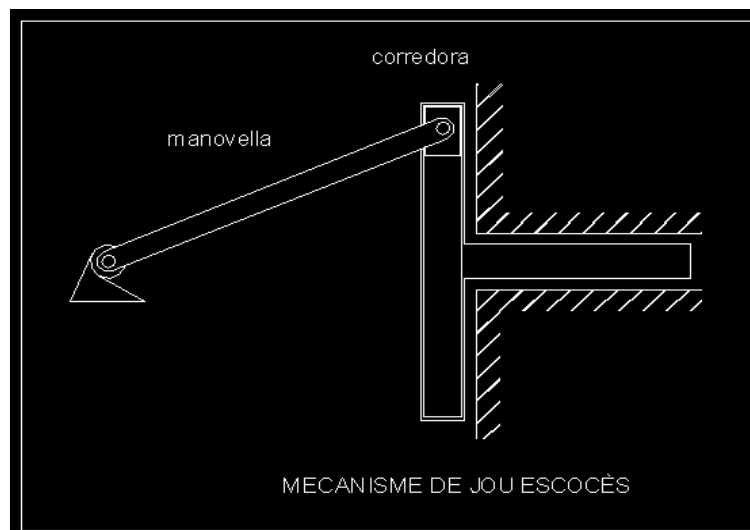
1.10.5 Accionament del conjunt massa – molla

L'accionament del conjunt massa – molla és crea mitjançant dos moviments, el primer de forma lliure, apartant el conjunt de la seva posició d'equilibri, i deixant-lo desplaçar fins que els fregaments la retornin a la posició d'equilibri inicial. La màquina no porta incorporat cap sistema d'amortiment, però existeixen diferents tipus de fregaments, com poden ser:



- Fregament sec o de Coulomb, degut a fricció que es produeix quan entren en contacte dos elements rígids. En el nostre cas entre els rodets i la guia.
- Fregament viscos o fluid, degut a la fricció dels elements amb el fluït que l'envolta.
- Fregament estructural de la pròpia molla.

L'altre moviment és creat forçadament a partir d'un mecanisme de jou escocès, aquest transforma el moviment rotacional d'una manovella, en un moviment rectilini, anomenat moviment harmònic simple.



La coordenada de desplaçament del moviment segueix l'equació següent, que com es pot veure compleix l'equació del moviment harmònic simple.

$$Y(t) = r \cos(\theta) = r \cos(2\pi(n/60)t)$$

Sent r el radi de la manovella i n el número de revolucions per minut.

La màquina encarregada de crear aquest moviment és la serra de calar, que porta incorporat el mecanisme de jou escocès, aquest és accionat a partir d'un motor elèctric que crea el moviment harmònic simple per al desplaçament vertical del conjunt massa –molla.

Característiques de la serra:

- Potència absorbida: 450 W
- N° de curses: 800 – 3100 min⁻¹
- Profunditat màxima de tall de 55 mm, d'aquesta dada deduïm l'amplitud màxima del moviment.
- Disposa de 5 velocitats.



Figura 1.18 - Imatge de la serra de calar



Mitjançant la incorporació d'un potenciòmetre podem variar la freqüència del moviment, augmentant o disminuint la potència que arriba al sistema, aquest està ubicat en la caixa de connexions com veurem més tard.

La connexió del sistema massa – molla amb la serra de calar, mitjançant una barra roscada de M6, rebaixada en la part superior per permetre la incorporació en la ranura dissenyada per a la serra de tall original, aquesta serà fixada amb l'ajust d'un cargol.



Figura 1.19 - Imatge de la vara roscada per a la fixació a la serra de calar

L'altre extrem de la vara roscada, s'ajustarà a la molla mitjançant dos femelles de M6 zincades.

La fixació de la serra de calar a l'estructura general, es farà incorporant dues vares roscades de M4 en la part inferior d'aquesta, i sent ajustades mitjançant dos femelles palometa de M4. El sistema està pensat per permetre un fàcil desmuntatge.

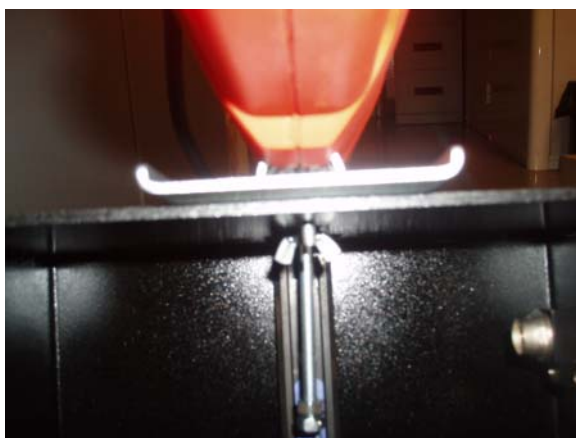


Figura 1.20 – Imatges de la fixació de la serra de calar a l'estructura general de la màquina.

1.10.6 Sensor

El sensor emprat en aquest projecte és un LVDT (*Linear Variable Differential Transformer*) és un transformador que produeix una tensió proporcional al desplaçament d'un nucli ferromagnètic (nucli mòbil separat).

Aquest tipus de transductor consisteix en un bobinat primari alimentat per una senyal de corrent alterna i dos bobinats secundaris.

El nucli és un aliatge de ferro i níquel, i està laminat longitudinalment per reduir les corrents de Foucault. El vareta que l'arrossega no ha de ser magnètic. Tot el conjunt pot apantallar-se magnèticament per fer-lo immune a camps externs.

Quan el nucli es desplaça a l'interior de les bobines genera voltatges inductius (V1) i (V2), en cada bobina secundaria, proporcionals al seu desplaçaments.

Els dos bobinats secundaris estan connectats en sèrie i en fases oposades, de forma que la senyal de sortida és la diferència entre aquestos voltatges. En aquesta configuració, el voltatge de sortida es zero quan el nucli



es troba al centre i les dos tensions (V1) i (V2) s'anul·len. Quan el nucli es desplaça cap als extrems del captador la diferència augmenta més i més. La senyal de sortida es rectifica amb la finalitat d'obtenir una tensió continua, representativa de la posició del nucli.

Característiques i avantatges:

- Linealitat del 0,25%
- Desviació del zero fun.temp. $<0,01\%$ / °C
- Rang de temperatures -40 °C fins 85 °C
- Grau de protecció IP68
- Extremadament precís
- Alta resolució
- Resistència al envelliment (llarga vida)
- Insensible a les interferències
- Resistència als ambients difícils (humitat, pols)
- Robust
- Resistència a l'acceleració
- Preu favorable
- Fàcil instal·lació

El sensor LVDT SM260.60.2.S, Schreiber, disposa d'un desplaçament de 60 mm, amb vareta lliure, i connexió mitjançant un connector Binder IP67, la carcassa exterior i vareta són d'acer inoxidable de diàmetre 12 i 5 mm respectivament. El pes total del conjunt 90 gr.



Figura 1.21 - Imatge del sensor

Per completar el sistema d'adquisició de dades, es disposa d'una tarja, realitzarem la comprovació de la compatibilitat d'ambdós aparells. Segons les especificacions del sensor podem veure que té una linealitat del 0,25 % per al voltatge màxim. Per tant obtenim un valor:

$$0,25 \% \times 4,5 \text{ V} = 0,01125 \text{ V}$$

La tarja d'adquisició de dades té una resolució de 12 bits, com podem veure en el fulls d'especificacions. A la tarja es poden limitar el valor màxim i mínim d'adquisició. Els límits es fixen en -5 – 5 V, aleshores el rang és de 10 V en valor absolut, obtenim:

$$10/2^{12} = 0,0024414 \text{ V}$$

S'obté la resolució de la tarja d'adquisició de dades. La obtinguda del sensor assegura salts menors de 0,01125 V en emetre una senyal constant, per tant disposem d'un sistema compatible.

1.10.7 Fixació del sensor

El sensor compta de dos elements per a la realització de la subjecció, el primer està format per la carcassa i en segon lloc la vareta que es desplaça pel



seu interior del primer, realitzant les lectures corresponents al desplaçament del conjunt massa-molla.

El sensor es fixarà verticalment de dues formes, la primera en la part superior de l'estructura general de la màquina i la segona a l'estructura de suport de les masses, que és on hem de treure la informació relativa del conjunt massa-molla, ambdós tipus de fixació es realitzarà mantenint la linealitat del conjunt, fet necessari per a la correcta obtenció de dades.

La fixació superior a l'estructura general de la màquina, es realitzarà mitjançant dues abrasadores, una en la part superior del sensor i l'altra en la inferior, per tal d'assegurar l'estabilitat del conjunt. Cada abrasadora s'aguantarà mitjançant dos cargols DIN74 – KF4, seran subjectats en un dels laterals de l'estructura general de la màquina, aquesta disposa d'unes ranures per facilitar el desplaçament del sensor dintre del rang efectiu de funcionament.





Figura 1.22 - Imatge de l'abrasadora de llautó



Figura 1.23 - Imatge dels cargols DIN74 – Kf4

Figura 1.24 -
Imatge de la fixació del
sensor en la seva part
superior



La part inferior del sensor estarà unida a la pestanya que sobresurt de la part inferior de l'estructura de suport de les masses. El seu extrem està foradat, en aquest forat s'introduirà la part inferior de la vareta del sensor, la qual porta una part roscada de M5x15 i es subjectarà afegint dues femelles, una a cada costat de la làmina metàl·lica.



Figura 1.25 - Imatge de la fixació de la part inferior del sensor



En aquesta imatge podem veure el resultat final de la fixació:



Figura 1.26 - Imatge general de la fixació del sensor

1.10.8 Caixa de connexions

Per ubicar els elements elèctrics en un mateix recinte utilitzarem una caixa elèctrica estanca de 240x190. Descriurem a continuació la ubicació dels elements separant-los en els que podrem trobar en la part externa com en la interna.

A l'exterior de la caixa trobem:

Part superior de la caixa:

- Connexió de la serra de calar
- Potenciòmetre



En els laterals:

- Connexió USB
- Connexions del sensor



- Connexió a la corrent 220 V



A l'interior:



- Tarja adquisició de dades USB-6008.



- Transformador de 220 V a 24 V.



- Tarja pel potenciòmetre.





Marta Ardiaca Marsol

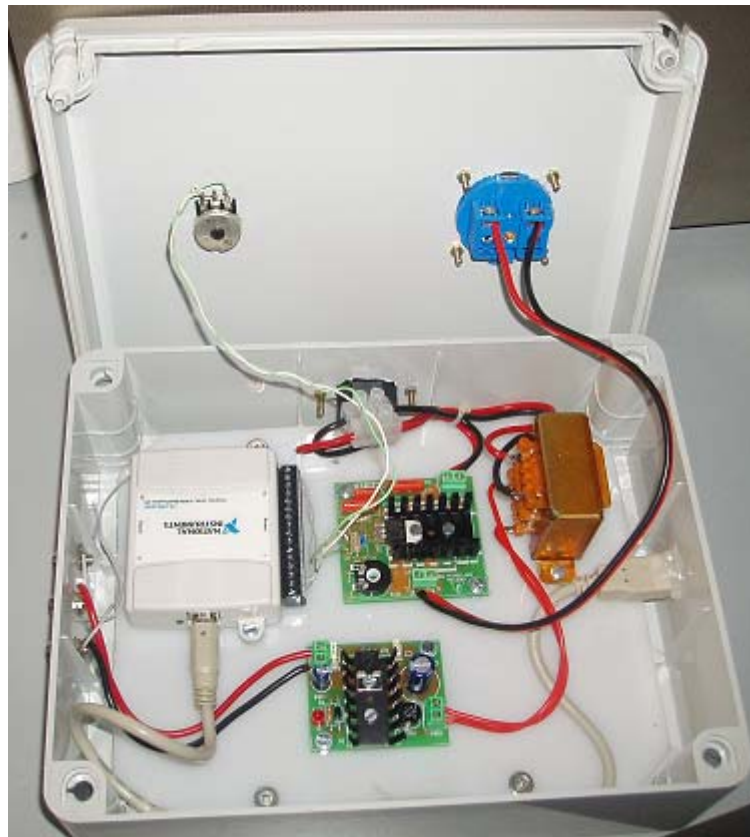


Figura 1.27 - Imatge de l'interior de la caixa de connexions

També necessitarem un cable elèctric de potència per la connexió de la caixa amb la xarxa elèctrica general, i un cable USB per connectar la sortida de la caixa amb l'ordinador.



2. ANNEX 1. Procés de fabricació



2.0 ÍNDEX DE L'ANNEX DEL PROCÉS DE FABRICACIÓ

2.1	PROCÉS DE FABRICACIÓ	47
2.2	PLANIFICACIÓ DE LA PRODUCCIÓ	48



2.1 Procés de fabricació

A la taula següent es mostren els processos que ha de seguir cada element que compon la màquina, indicant les tasques a seguir, aquestes poden ser comercial, tall per làser, mecanitzat, plegat, soldat, soldat amb estany o lacat.

En cada element s'indica el número i nom de la peça, quantitat i el número del plànol on la podem trobar, on estan definides les mides, acabats i els processos que han de seguir cadascuna d'elles.

Nº PEÇA	CANTITAT DE PEÇES	Nº PLÀNOL	NOM DE LA PEÇA	COMERCIAL	TALL ÀSER	MECANITZAT	PLEGAT	SOLDAT	SOLDAT AMB ESTANY	ZINCAT	LACAT
1	1	1	Estructura general de la peça		X		X	X		X	
2	1	3	Estructura de suport de les masses		X		X			X	
16	4	10	Masses intercanviables			X					X
9	1	7	Guia	X							
10	4	7	Rodaments del guiatge	X							
7	4	6	Suports elàstics de l'estructura	X							
12	1	8	Vara roscada M6 suport masses	X		X					
18	1	11	Vara roscada M4 amb extrem rebaixat	X		X					
C	1	C	Serra de calar	X							
5	1	5	Sensor	X							



6	2	5	Accessoris del sensor	X	X						
15	1	9	Molla	X	X						
C	1	-	Caixa elèctrica estanca	X	X						
C	1	-	Connectors Binder IP67	X	X			X			
C	1	-	Transformador	X	X			X			
C	1	-	Font d'alimentació Cebek FE-16	X	X						
C	1	-	Tarja d'adquisició de dades NI USB-6008	X	X						
C	1	-	Potenciòmetre	X	X			X			
C	1	-	Connector USB	X	X						
C	19	-	Cablejat	X	X			X			

2.2 Planificació de la producció

La planificació de la fabricació, s'ha fet dividint les diferents tasques indicant l'ordre en que s'han de fer cadascuna d'elles, tenint en compte la prioritat i el temps necessari, per una jornada laboral de cinc dies laborables a la setmana i vuit hores al dia, que fan un total de 35 hores setmanals.

TASQUES	TEMPS (dies)	ORDRE DE PRIORITAT
Inici	0	0
Comanda dels elements comercials mecànics i elèctrics	3	1
Tall i plegat de les estructures	9	1
Mecanitzat dels components mecànics	2	1
Soldadura de l'estructura	2	2
Tractament superficial de lacat de les estructures	4	3
Tractament superficial de lacat de les masses	3	2
Muntatge de la part mecànica	2	4
Soldadura d'estany dels components elèctrics	2	2
Muntatge de la part elèctrica	1	3
Muntatge general	1	5
Verificació del correcte funcionament	2	6
Fi	0	7



Seguint els aclariments de la taula anterior obtenim el següent Diagrama de Gantt:

TASQUES/DIES	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V
Comanda dels elements comercials mecànics i elèctrics																				
Tall i plegat de les estructures																				
Mecanitzat dels components mecànics																				
Soldadura de l'estructura																				
Tractament superficial de lacat de les estructures																				
Tractament superficial de lacat de les masses																				
Muntatge de la part mecànica																				

[illegible]

Universitat de Lleida



Màquina per l'anàlisi de vibracions

3. ANNEX 2. CÀLCULS

Marta Ardiaca Marsol

3. ANNEX 2. Càlculs



3.0 ÍNDEX DE L'ANNEX DE CÀLCUL

3.1 CÀLCUL DEL PLEGAT DE LES ESTRUCTURES	52
3.1.1 Plegat de l'estructura general de la màquina	52
3.1.2 Plegat d'elements crítics en l'estructura	56
3.1.3 Plegat de l'estructura de suport de les masses	57
3.2 CÀLCUL DEL DISSENY DE LA MOLLA	60



3.1 Càlcul del plegat de les estructures

3.1.1 Plegat de l'estructura general de la màquina

El material que utilitzarem per la fabricació de la nostra estructura és ferro ST-37 amb un gruix de 3 mm, aquesta serà fabricada mitjançant tall per làser i plegat.

Alhora de dissenyar la peça s'ha de tenir en compte que després de l'operació de plegat, la longitud de la part doblegada serà més gran i cal tenir-ho en compte al projectar la peça per tal de reduir excedents o retalls del material. Procedirem a calcular la longitud inicial de la peça tenint en compte aquest fet.

Els paràmetres inicials són el tipus de material i el gruix de la peça. De la següent taula obtenim la relació r_i/e en funció del material, sent r_i el radi intern i e el gruix de l'acer. És necessari mantenir un radi interior mínim, el qual depèn del gruix de la làmina metàl·lica, per tal d'evitar l'aparició d'esquerdes durant el procés de plegat.



Material	σ_r (daN mm ⁻²)	r_i/e	β°
Acero	28-42	0,6-0,5	2-4
Cobre	21-24	0,25	3-5
Cinc	12-14	0,4	1-2
Latón 60, 63, blando	29-41	0,35	3-5
» semiduro	45-55	0,40	4-7
» 72, blando	25-30	0,3	2-4
Alumini 99 y 99,5 blando	8-10	0,6	1-2
» semiduro	10-13	0,9	2-4
Al-Mg 9, blando	32-38	2,2	3-6
» semiduro	40-45	5,0	4-8
Al-Cu-Mg blando	17-25	1,2	2-3
» endurecido	40-48	3,0	4-6

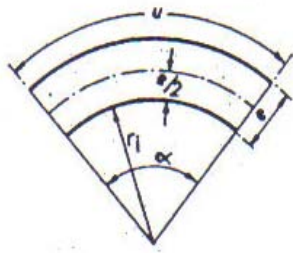
Figura 3.1 – Relació r_i/e per a peces conformades per plegat.

De la taula deduïm que la relació $r_i/e = [0,6 - 0,5]$, utilitzarem un valor màxim, en aquest cas **0,6**, aïllant r_i de l'expressió obtenim el valor del radi intern o radi de plegat.

$$r_i = 0,6 \times e = 0,6 \times 3 = 1,8 \text{ mm}$$

Fórmula nº 3.1.1

Un dels paràmetres a tenir en compte és la ubicació de la línia neutra, en un principi es podria considerar que aquesta passa per la meitat del gruix de la làmina, i per tant es podria calcular la longitud real "u" de plegat a partir de l'arc de radi ($r_i + e/2$) que correspondria al de la línia neutra i angle α , a partir de la següent expressió:



$$u = \pi \frac{\alpha}{180} \left(r_i + \frac{e}{2} \right) = 0.01745 \left(r_i + \frac{e}{2} \right) \alpha$$

No obstant, això suposa considerar que la línia neutra passa per la meitat del gruix, cosa que només es admissible per gruixos inferiors a 1 mm i amb radis “ r_i ” grans, fet no aplicable en el nostre cas. En la pràctica, la línia neutra es mou cap al centre depenent de la relació entre el gruix i el radi intern. En el cas més general es pot determinar la ubicació d'aquesta en un terç del gruix de la peça.

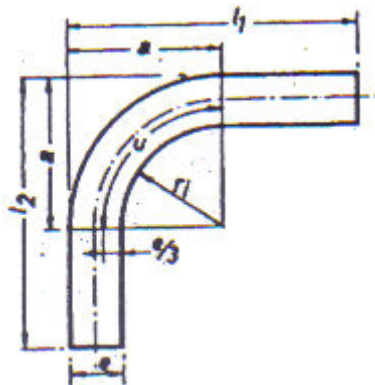
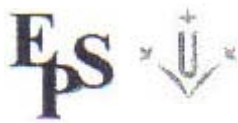


Figura 3.2 – Dibuix d'un arc plegat a 90° amb les especificacions de les dimensions.

La longitud inicial de la peça vindrà donada per la següent expressió :

$$L = l_1 - a + l_2 - a + u = l_1 + l_2 - (2a - u) = l_1 + l_2 + v$$

Fórmula nº 3.1.2



On $v = -(2a - u)$ que la podem obtenir a partir d'ambdues expressions que venen en funció de l'angle de doblegat α :

Per $15 \leq \alpha \leq 90$

$$v = \pi \left(\frac{\alpha}{180} \right) (r_i + k e) - 2(r_i + e) \operatorname{tg} \left(\frac{\alpha}{2} \right)$$

Per $90 \leq \alpha \leq 180$

$$v = \pi \left(\frac{\alpha}{180} \right) (r_i + k e) - 2(r_i + e)$$

Fórmula nº 3.1.3

En el nostre cas $\alpha = 90^\circ$, ens serveixen les dues. El últim terme de la primera expressió és igual a 1, per tant ambdues son iguals i per lo tant vàlides.

De la fórmula nº 3 tots els valors els tenim determinats menys la k , que és el factor de correcció degut a la situació de la fibra neutra, de la figura 3.3 i en funció del radi intern i el gruix obtenim.

r_i/e	0.65	1.0	1.5	2.4	3.8
k	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5

Figura 3.3 – Factor de correcció de situació de la fibra neutra.

En el nostre cas $r_i/e = [0,6 - 0,5]$, per lo tant de l'anterior taula obtenim un valor per la $k = 0,3$.

Introduint els valors a la fórmula nº 3, obtenim:

$$v = \pi (90/180) \cdot (1,8 + 0,3 \cdot 3) - 2 \cdot (1,8 + 3) \cdot \operatorname{tg}(90/2) = -5,35885 \text{ mm}$$



Per altra banda també sabem;

$$v = - (2a - u) \Rightarrow u = v + 2a = -5,35885 + (2 \cdot 4,8) = 4,24115 \text{ mm}$$

$$\text{D'on } a = r_i + e = 1,8 + 3 = 4,8 \text{ mm}$$

Es interessant també conèixer el paràmetre $u/2$, ja que la distància que hem de deixar a un i altre costat de la línia de plegat, per tal d'obtenir les dimensions adequades en la estructura projectada.

$$u / 2 = 2,120575 \text{ mm}$$

3.1.2 Plegat d'elements crítics en l'estructura

Per tal que les pestanyes triangulars no sobresurtin lateralment de la base ni la part superior de l'estructura, calcularem la distància que hem de deixar en ambdós bases (superior e inferior), per que aquest fet no succeeixi.

Aquesta dada l'anomenarem **A** = amplada afegida en ambdós costats de les zones inferior i superior de l'estructura.



$$A = r_i + e - r_i \cdot \cos 45 = 3,527 \text{ mm}$$

Fórmula nº 3.2.1

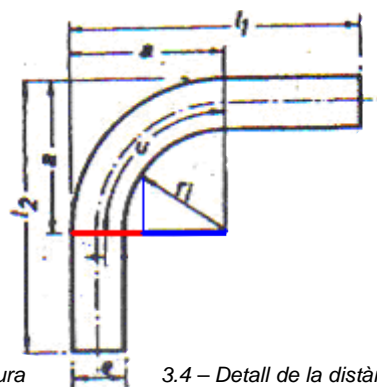


Figura
A.

3.4 – Detall de la distància

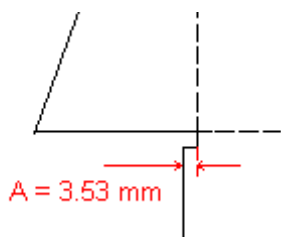


Figura 3.5 – Distància A a la peça inicial

En el plànol nº 2, s'indiquen les dimensions inicials de la peça, indicant-hi les especificacions de plegat, com són el radi intern, gruix, material, línies de plegat i angle de plegat.

3.1.3 Plegat de l'estructura de suport de les masses

L'estructura encarregada de sostenir les masses serà de xapa de ferro ST-37 de 1,5 mm de gruix, aquesta serà conformada amb tall per làser i plegat.

L'estructura dissenyada ha de tenir unes dimensions concretes, per tant, és necessari realitzar el plegat de l'estructura per saber quines són les dimensions que ha de tenir la làmina metàl·lica abans de sotmetre-la al plegat.



Els paràmetres inicials són el tipus de material i el gruix de la peça. De la següent taula obtenim la relació r_i/e en funció del material, sent r_i el radi intern i e el gruix de l'acer.

Material	σ_R (daN mm ⁻²)	r_i/e	β°
Acero	28-42	0,6-0,5	2-4
Cobre	21-24	0,25	3-5
Cinc	12-14	0,4	1-2
Latón 60, 63, blando	29-41	0,35	3-5
» semiduro	45-55	0,40	4-7
» 72, blando	25-30	0,3	2-4
Alumini 99 y 99,5 blando	8-10	0,6	1-2
» semiduro	10-13	0,9	2-4
Al-Mg 9, blando	32-38	2,2	3-6
» semiduro	40-45	5,0	4-8
Al-Cu-Mg blando	17-25	1,2	2-3
» endurecido	40-48	3,0	4-6

Figura 3.1 – Relació r_i/e per a peces conformades per plegat.

De la taula deduïm que la relació $r_i/e = [0,6 - 0,5]$, utilitzarem en valor màxim, en aquest cas **0,6**, aïllant r_i de l'expressió obtenim el valor del radi intern o radi de plegat.

$$r_i = 0,6 \times e = 0,6 \times 1,5 = 0,9 \text{ mm}$$

Un dels que ens crida més l'atenció és la longitud de l'arc de la línia neutra, la ubicació d'aquesta no resulta exacta però es pot aproximar a un terç del gruix.

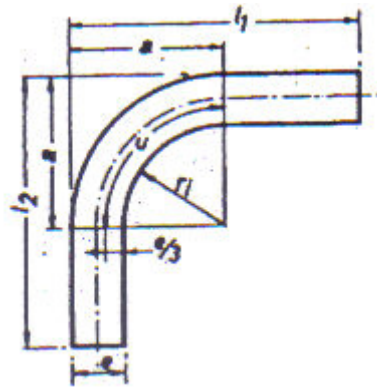


Figura 3.2 – Dibuix d'un arc plegat a 90° amb les especificacions de les dimensions.

La longitud inicial de la peça vindrà donada per la següent expressió :

$$L = l_1 - a + l_2 - a + u = l_1 + l_2 - (2a - u) = l_1 + l_2 + v$$

Fórmula nº 3.3.2

On $v = - (2a - u)$ que la podem obtenir a partir d'ambdues expressions que venen en funció de l'angle de doblegat α :

Per $15 \leq \alpha \leq 90$

$$v = \pi \left(\frac{\alpha}{180} \right) (r_i + k e) - 2(r_i + e) \operatorname{tg} \left(\frac{\alpha}{2} \right)$$

Per $90 \leq \alpha \leq 180$

$$v = \pi \left(\frac{\alpha}{180} \right) (r_i + k e) - 2(r_i + e)$$

Fórmula nº 3.3.3



Com en el nostre cas $\alpha = 90^\circ$, ens serveixen les dos. El últim terme de la primera expressió es igual a 1, per tant ambdues son iguals i per lo tant vàlides.

De la fórmula nº 3 tots els valors els tenim determinats menys la k , que és el factor de correcció degut a la situació de la fibra neutra, de la figura 3.3 i en funció del radi intern i el gruix obtenim.

r_i/e	0.65	1.0	1.5	2.4	3.8
k	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5

Figura 3.3 – Factor de correcció de situació de la fibra neutra.

En el nostre cas $r_i/e = [0,6 - 0,5]$, per lo tant de l'anterior taula obtenim un valor per la $k = 0,3$.

Introduint els valors a la fórmula nº 3, obtenim:

$$v = \pi (90/180) \cdot (0,9 + 0,3 \cdot 1,5) - 2 \cdot (1,8 + 1,5) \cdot \text{tg}(90/2) = - 2,67942 \text{ mm}$$

Per altra banda també sabem;

$$v = - (2^a - u) \rightarrow u = v + 2^a = - 2,67942 + (2 \cdot 2,4) = 2,120575 \text{ mm}$$

$$\text{D'on } a = r_i + e = 0,9 + 1,5 = 2,4 \text{ mm}$$

Es interessant també conèixer el paràmetre $u/2$, ja que es la distància que hem de deixar a ambdós costats de la línia neutra.

$$U / 2 = 1,0603 \text{ mm}$$



3.2 Càlcul del disseny de la molla

En aquest apartat realitzarem els càlculs per al disseny de la molla, com la freqüència natural, la constant d'elasticitat, el diàmetre del fil, el diàmetre de la molla i el nombre d'espires. Els càlculs que realitzarem seran per al moviment lliure.

Coneixem les següents expressions:

$$F_{molla} = K \Delta x$$

Fórmula nº 3.2.1

$$F = m g$$

Fórmula nº 3.2.2

Éssent;

K	Constant elàstica de la molla. (N/m).
Δx	Deflexió elàstica. (m).
m g	Pes aplicat al conjunt. (Kg m /s ²)

Unint les dues fórmules anteriors:

$$\Delta x = m g / K$$

Fórmula nº 3.2.3

Obtenim la deflexió elàstica, que és el increment de longitud degut a l'aplicació d'una força **mg** sobre la molla de constant elàstica **K**.

Per altra banda, la freqüència natural d'un sistema massa-molla en moviment lliure és;

$$F_{natural} = \frac{1}{2} \pi \sqrt{K/m} \quad (Hz)$$



Fórmula nº 3.2.4

Unint les dos últimes fórmules, 3.2.3 i 3.2.4:

$$F_{natural} = 1/2\pi \sqrt{g/\Delta x} \text{ (Hz)}$$

Fórmula nº 3.2.5

La fórmula obtinguda de la unió de les dos últimes, té dos paràmetres independents, en hem de fixar un, en aquest cas serà la freqüència pròpia del sistema, resolent l'equació 3.2.5 obtenim la deflexió elàstica, i substituint a l'equació 3.2.4 la constant elàstica de la molla.

Tenint en compte les següents consideracions:

- Si la freqüència es elevada, la deflexió estàtica de la molla i l'amplitud resultaran majors, però la constant elàstica de la molla serà molt petita. Aquest fet no es desitjable ja que augmentarà el recorregut del conjunt.
- Si la freqüència es molt menor, la deflexió estàtica i l'amplitud seran molt elevades, i la constant elàstica resultarà massa gran. Fet que tampoc interessa ja que no seran apreciables els desplaçaments i perd el seu component didàctic i visual.

S'ha de pensar també en la compatibilitat que ha de mantenir aquesta freqüència natural amb les freqüències del sensor i la tarja d'adquisició de dades, per tal d'obtenir qualitat en les mesures.

A partir de les consideracions anteriors i de les mesures realitzades, fixem un rang apropiat per a la freqüència natural del sistema, aquesta estarà entre 1,5 i 4 cicles per segon, compatible amb la freqüència de la serra de



calar, aquesta té un número de curses de 800 min^{-1} , ampliat o reduït amb la ajuda del potenciòmetre.

Calculant en funció d'aquests rang, obtenim els següents valors de la constant elàstica i la deflexió elàstica de la molla.

Wn	K	Ax
1,5	53,2958	0,01104
1,6	60,6388	0,097
1,7	68,45557	0,0859
1,8	76,746	0,0766
1,9	85,51	0,0688
2	94,748	0,0621
2,1	104,459	0,056
2,2	114,6453	0,051
2,3	125,3045	0,0469
2,4	136,4374	0,0431
2,5	148,044	0,0397
2,6	160,1244	0,03675
2,7	172,678	0,034
2,8	185,7064	0,0316
2,85	192,398	0,03
2,9	199,2081	0,0295
3	213,9834	0,0276
3,1	227,6325	0,0258
3,2	242,555	0,0242
3,3	257,952	0,0228
3,4	273,82	0,02149
3,5	290,166	0,02028
3,6	306,984	0,01917
3,7	324,275	0,01815
3,8	342,041	0,0172
3,9	360,28	0,0163
4	378,99	0,01553

Dels resultats obtinguts aconseguim acotar el rang per al posterior disseny de la molla.

$$F_{\text{natural}} = 2,7 - 2,9 \text{ cicles / segon}$$



Marta Ardiaca Marsol

F_{natural}	K	Δx	n
2,7	172,678	0,034086	4,067
2,8	185,706	0,031695	3,78
2,85	199,208	0,029547	3,5256
2,9	213,983	0,0276	3,2821

F_{natural}	K	Δx
2,7	172,678	0,034086
2,8	185,706	0,031695
2,85	199,208	0,029547
2,9	213,983	0,0276

Per al disseny de la molla, utilitzarem la següent fórmula

$$K = G \cdot d^4 / 8 \cdot n \cdot D^3 \quad (\text{N/m})$$

Fórmula nº 3.2.6

Essent,

- G** Mòdul elàstic de la molla, acer $80 \cdot 10^9$
- d** Diàmetre del fil de la molla.
- n** Nombre de espires de la molla.
- D** Diàmetre de la molla.

El cost de fabricació de la molla resulta molt elevat, per això procedirem al disseny d'una d'elles i a la reutilització de algunes de les que podem trobar en el mercat.

F_{natural}	K	Δx	n
2,7	172,678	0,034086	9,0257
2,8	185,706	0,031695	8,39258
2,85	199,208	0,029547	8,1007
2,9	213,983	0,0276	7,8237

Per al càlcul de les molles que trobem en el mercat, calcularem el nombre d'espires necessàries per al rang acotat anteriorment utilitzant l'equació 3.2.6



Resultats obtinguts per una molla $D = 0,0138$ i $d = 0,0008$

Resultats obtinguts per una molla $D = 0,018$ i $d = 0,0008$

De la primera molla	→	8 espires
De la segona molla	→	4 espires

Per a la fabricació de la molla, seleccionarem de la taula la molla que pateix un desplaçament de 3 cm, obtenint una constant elàstica de 199,2 N/m.

Per a un diàmetre de fil d'un mil·límetre, fixant set espires obtenim un diàmetre de molla de 2 cm.



4. ANNEX 3.Especificacions



5.0 ÍNDEX DE L'ANNEX D'ESPECIFICACIONS

5.1	ESPECIFICACIONS DE LA FONT D'ALIMENTACIÓ	67
5.2	ESPECIFICACIONS DEL SENSOR I ACCESORIS DE MUNTATGE	68
5.3	GUÍA DE L'USUARI PER A LA TARJA D'ADQUISICIÓ DE DADES	72

Universitat de Lleida



Màquina per l'anàlisi de vibracions

**4.ANEX 3.
ESPECIFICACIONS**

Marta Ardiaca Marsol

4.1 Especificacions de la font d'alimentació



CEBEK **FE-16** SOURCE D'ALIMENTATION de 24 V. / 300 mA.

Le FE-16 est un bloc d'alimentation à régulation de tension et de courant, conçu pour alimenter les capteurs de vibration.

Alimentation de 230 V AC, 50 Hz, puissance nominale de 24 V CC, 300 mA.

1. Fonctionnement de 230 V AC, 50 Hz, puissance nominale de 24 V CC, 300 mA.

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES:

Alimentation de tension	230 V AC
Alimentation de courant	300 mA
Précision de tension	±0.1%
Précision de courant	±0.1%
Précision de tension	±0.1%
Précision de courant	±0.1%
Précision de tension	±0.1%
Précision de courant	±0.1%
Précision de tension	±0.1%
Précision de courant	±0.1%

CONNEXION DU TRANSFORMATEUR:

Fig. 1. Vue Frontale du Transformateur.

FONCTIONNEMENT:

Le FE-16 est un bloc d'alimentation à régulation de tension et de courant, conçu pour alimenter les capteurs de vibration.

Alimentation de 230 V AC, 50 Hz, puissance nominale de 24 V CC, 300 mA.

1. Fonctionnement de 230 V AC, 50 Hz, puissance nominale de 24 V CC, 300 mA.

RECOMMANDATIONS:

Le FE-16 est un bloc d'alimentation à régulation de tension et de courant, conçu pour alimenter les capteurs de vibration.

Alimentation de 230 V AC, 50 Hz, puissance nominale de 24 V CC, 300 mA.

1. Fonctionnement de 230 V AC, 50 Hz, puissance nominale de 24 V CC, 300 mA.

PLAN DE CONNEXION GENERALE:

CONSULTES TECHNIQUES:

Le FE-16 est un bloc d'alimentation à régulation de tension et de courant, conçu pour alimenter les capteurs de vibration.

Alimentation de 230 V AC, 50 Hz, puissance nominale de 24 V CC, 300 mA.

1. Fonctionnement de 230 V AC, 50 Hz, puissance nominale de 24 V CC, 300 mA.

CEBEK **FE-16** FONT D'ALIMENTACIÓ de 24 V. C.C. / 300 mA.

Le FE-16 est un bloc d'alimentation à régulation de tension et de courant, conçu pour alimenter les capteurs de vibration.

Alimentation de 230 V AC, 50 Hz, puissance nominale de 24 V CC, 300 mA.

1. Fonctionnement de 230 V AC, 50 Hz, puissance nominale de 24 V CC, 300 mA.

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES:

Alimentation de tension	230 V AC
Alimentation de courant	300 mA
Précision de tension	±0.1%
Précision de courant	±0.1%
Précision de tension	±0.1%
Précision de courant	±0.1%
Précision de tension	±0.1%
Précision de courant	±0.1%
Précision de tension	±0.1%
Précision de courant	±0.1%

CONNEXIÓ DEL TRANSFORMADOR:

Fig. 1. Vista Frontal del Transformador.

FONCTIONNEMENT:

Le FE-16 est un bloc d'alimentation à régulation de tension et de courant, conçu pour alimenter les capteurs de vibration.

Alimentation de 230 V AC, 50 Hz, puissance nominale de 24 V CC, 300 mA.

1. Fonctionnement de 230 V AC, 50 Hz, puissance nominale de 24 V CC, 300 mA.

RECOMMANDATIONS:

Le FE-16 est un bloc d'alimentation à régulation de tension et de courant, conçu pour alimenter les capteurs de vibration.

Alimentation de 230 V AC, 50 Hz, puissance nominale de 24 V CC, 300 mA.

1. Fonctionnement de 230 V AC, 50 Hz, puissance nominale de 24 V CC, 300 mA.

CONNEXIÓ GENERAL:

CONSULTES TECHNIQUES:

Le FE-16 est un bloc d'alimentation à régulation de tension et de courant, conçu pour alimenter les capteurs de vibration.

Alimentation de 230 V AC, 50 Hz, puissance nominale de 24 V CC, 300 mA.

1. Fonctionnement de 230 V AC, 50 Hz, puissance nominale de 24 V CC, 300 mA.

4.2 Especificacions del sensor Schreiber SM26



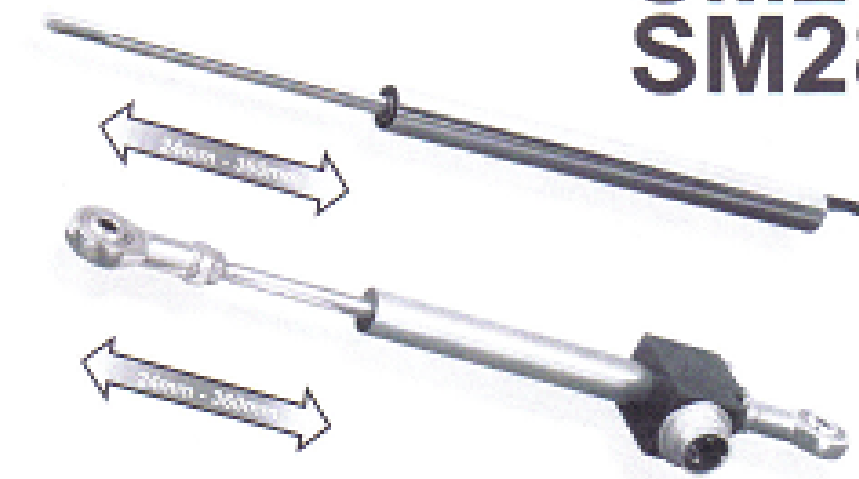
Sensor inductivo de desplazamiento

Desplazamiento desde 24 hasta 360 mm

SCHREIBER
MESS-TECHNIK
DIN ISO 9001

Serie

SM26
SM28



Desplazamiento estándar					
Serie SM26	24mm	40mm	60mm	100mm	200mm
Serie SM28	80mm	170mm	240mm	360mm	

Modelos	
SM26D	con núcleo 10mm
SM26D...T	palpador
SM26D...SH	con núcleo

Datos técnicos	
para sensores con sistemas amplificadores	
Linealidad	< 0,5% o 0,25%
Derivación del cero (a l. temp.)	< 0,01% / °C
Rango de temp. con conector	-40 °C hasta + 85 °C
Rango de temp. con cable	-60 °C hasta + 105 °C
Resistencia al desgaste	260 g 5000 PS - 3000 Hz
Resistencia a las vibraciones	20 g rms (puntas de 50 g)
Grado de protección	hasta IP 68*

* IP68 con cable conector tipo M12
* IP68 con cable mediante cable

- Desplazamiento hasta 360 mm
- Diámetro carcasa 10 mm.
- Grado de protección IP 68
- Linealidad 0,5% (aprox.)
- Amplificación externa.
- Posibilidad de palpador

Construcción y funcionamiento

En el interior de una bobina se desplaza axialmente un núcleo de MPe. La posición de este núcleo produce la corriente en el bobinado, la cual se transforma en una señal de intensidad de intensidad en ambos núcleos, que se transforman mediante un amplificador externo en una señal proporcional al recorrido.

MOB 2.0 / SM-01



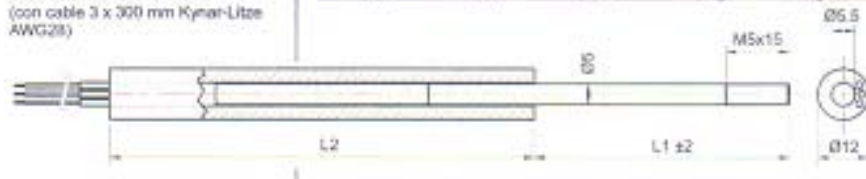
Marta Ardiaca Marsol

SM260 Standard**Dimensiones y pesos**

Desplaz. mm	L1mm	L2mm	Peso	Núcleo
24	42	100	40g	20g
40	50	140	50g	25g
60	60	170	65g	25g
100	80	270	110g	35g
150	105	350	135g	45g
200	130	500	175g	58g

SM260 Núcleo libre

(con cable 3 x 300 mm Kynar-Lütze AWG28)

**SM280 Standard****Dimensiones y pesos**

Desplaz. mm	L1mm	L2mm	Peso	Núcleo
80	70	140	100g	30g
170	115	250	140g	50g
240	150	350	200g	60g
360	210	500	270g	80g

SM260 .T Palpador

(con cable 3 x 300 mm de Kynar)

Modelos estándar:

SM260 .T	con cable Kynar AWG28
SM260 .ST	con conector

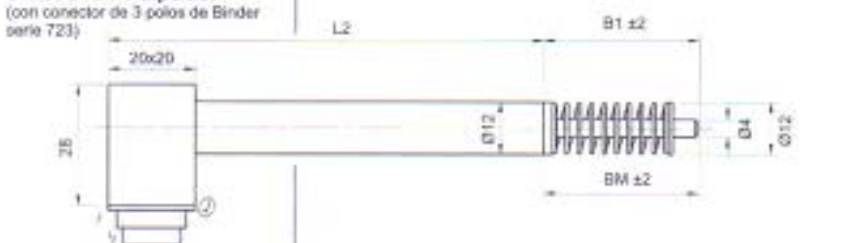
Dimensiones:

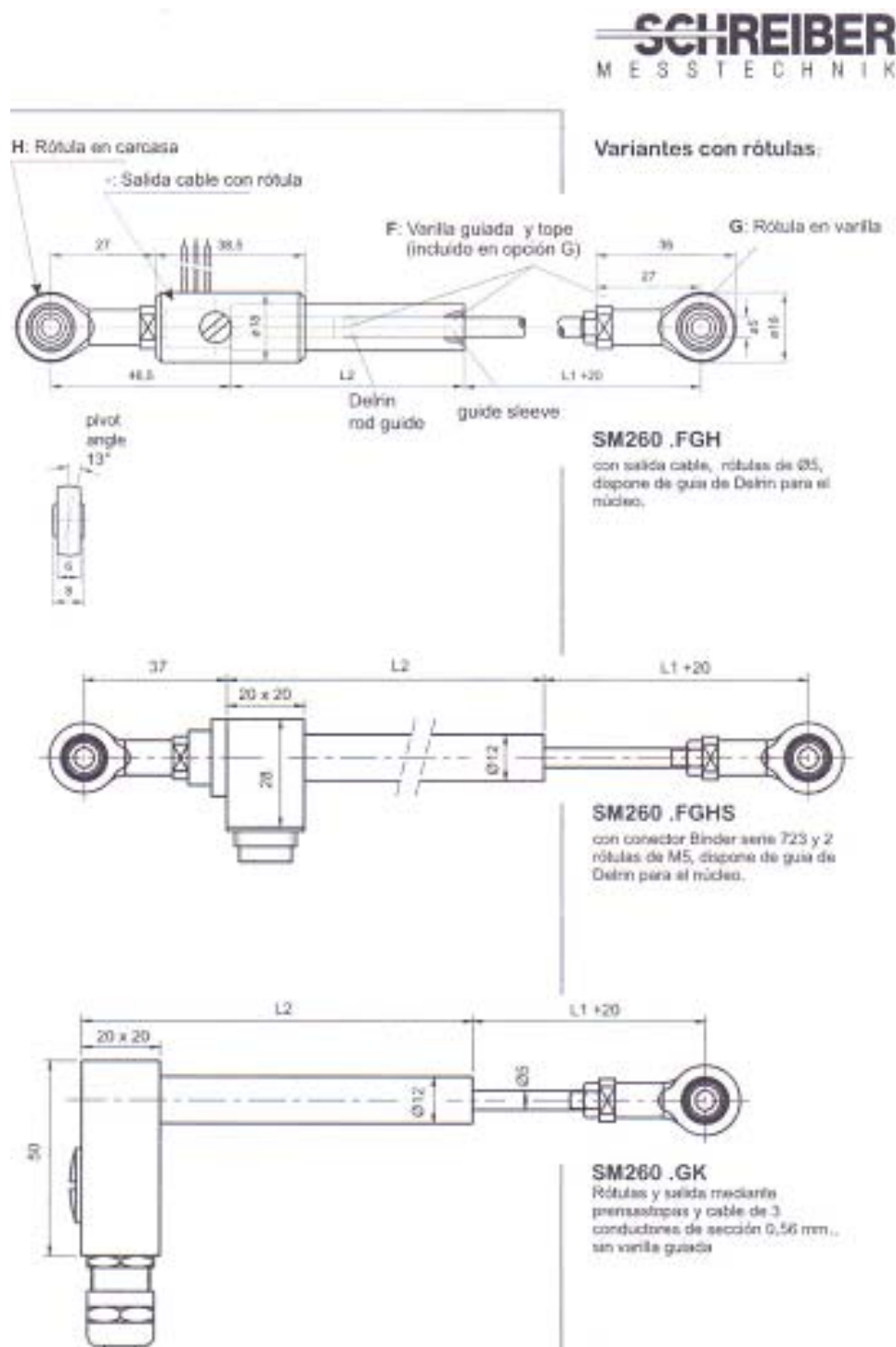
Desplaz. mm	BM mm	B1 mm	over-travel mm	Fm N
24	45	63	8	<4
40	70	98	7	<4
60	75	110	2	<4
100	140	196	11	<4
150	199	248	13	<4

BM: palpador en medio recorrido B1: palpador extendido Fm: esfuerzo a medio recorrido

**SM260 .ST Palpador**

(con conector de 3 polos de Binder serie 723)





Universitat de Lleida



Màquina per l'anàlisi de vibracions

4.ANNEX 3. ESPECIFICACIONS

Marta Ardiaca Marsol

Universitat de Lleida

Màquina per l'anàlisi de vibracions

4.ANNEX 3.
ESPECIFICACIONS

Marta Ardiaca Marsol

Conexiones eléctricas
(véase detalle del conector del sensor)

Conectores:
(mediante pedido aparte)

SM901.400(3H) SM901.402(3H)

IP65
3-4 polos
3-4 polos
puerto ser
recto o
invertido

Conexión eléctrica:

1:	WM
2:	MS
3:	WP

Soldo cables
3 cables AWG28

conexión
amplificador

azul	WP
negro	MS
rojo	WM

Abrazaderas de montaje
SM906.260
Latón niquelado

38
23
10
2
2 x Ø17.4x14

SM906.261
Polipropileno

38
23
10
2
2 x Ø17.4x14

Incluidos 2 tornillos M6x30
DIN912VA

Referencia para pedidos

3M2x0

(F) Con varilla guiada y tope
(G) Rótula en la varilla
(H) Rótula en la carcasa
(K) Salida cable con prenestopos
(S) Salida con conector Binder
(T) Palpador (hasta 150 mm)

(1) Linealidad 0,25%
(2) Linealidad 0,5% (estándar)
Desplazamiento en mm
Serie

Material:

Tubo interior y exterior	acero inoxidable
Varilla	acero inoxidable
Núcleo	aleación Ni-Fe, inoxidable
Carcasa del conector	latón niquelado
Contactos conector	latón dorado
Muelle	acero inoxidable
Tope del muelle	aluminio anodizado en negro

Ganancia:

Recorrido	mV / mm ($\pm 10\%$)
24mm	175
40mm	110
60mm	100
100mm	55
150mm	45
200mm	30

Construcciones especiales:

Construcción F	varilla guiada con tope
Construcción G	rótula en varilla
Construcción H	rótula en carcasa
Construcción K	salida cable prenestopos
Construcción T	con palpador (solo hasta 150 mm)
Construcción S	con conector

Amplificadores de señal para sensores LVDT (medio puente, 10 KHz)
Salidas: 0/4...20 mA (± 20 mA) 0...10 Vcc (± 10 Vcc)

SM10xN
Amplificador carcasa
metal, montado para
carril DIN

SM12x
Amplificador en placa,
para 1 ó 2 canales.

SM12xN
Amplificador 1 ó 2
canales, montado para
carril DIN

* ver especificaciones

gm GUEMISA
Sta. Virgilia 29, local 1A. 28033 Madrid
Tfno.: 91 764 21 00 Fax.: 91 764 21 32
www.guemisa.com
Email: info@guemisa.com



4.3 Guia de l'usuari per a la tarja d'adquisició de dades

USER GUIDE

USB-6008/6009

This user guide describes how to use the National Instruments USB-6008/6009 data acquisition (DAQ) devices.

Contents

Introduction	2
Safety Guidelines	3
Software	5
Logging Application	5
Self Test	5
Hardware	6
Setting Up Hardware	7
I/O Connector	8
Signal Descriptions	10
Analog Input	11
Analog Input Circuitry	11
MUX	11
PGA	11
A/D Converter	11
AI FIFO	12
Analog Input Modes	12
Connecting Differential Voltage Signals	12
Connecting Reference Single-Ended Voltage Signals	13
Digital Trigger	14
Analog Output	14
Analog Output Circuitry	14
DACs	14
Connecting Analog Output Loads	15
Minimizing Glitches on the Output Signal	15
Digital I/O	15
Digital I/O Circuitry	15
Source/Sink Information	16
I/O Protection	17
Power-On States	18
Static ESD	18



Setting Up Hardware

Complete the following steps to set up the hardware:

1. Install combicon screw terminal blocks by inserting them into the combicon jacks.



Note The USB-6008/6009 kit ships with signal labels. You can apply the signal labels to the screw terminal blocks for easy signal identification.

2. Refer to Table 1 and Figure 5 for label orientation and affix the provided signal labels to the screw terminal blocks. Until the signal labels are applied, you can insert the screw terminal blocks into either of the combicon jacks. Refer to Figure 5 for more information about signal label orientation.

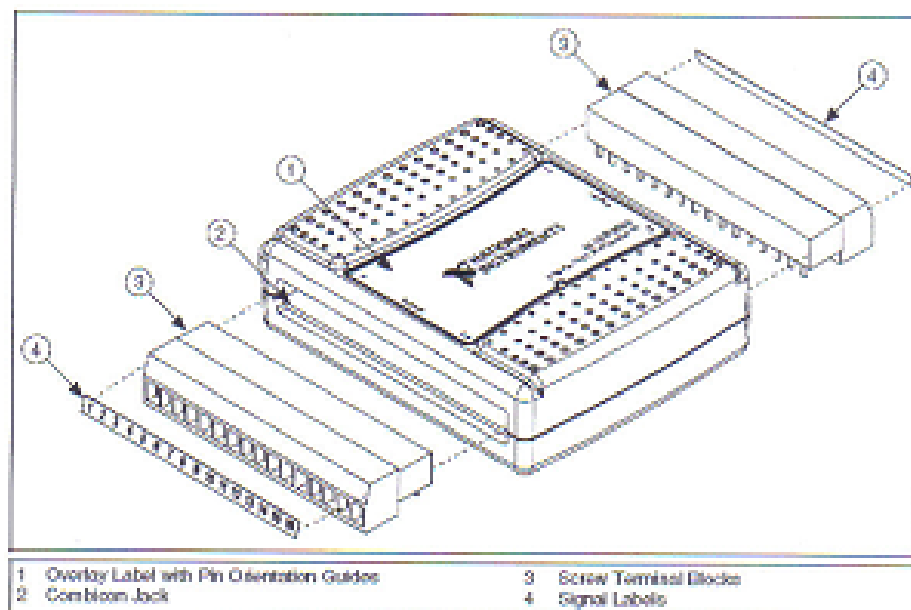


Figure 5. Signal Label Application Diagram



Note Once you label the screw terminal blocks, you must only insert them into the matching combicon jack, as indicated by the overlay label on the USB-6008/6009 device.

3. Connect the wiring to the appropriate screw terminals.

Universitat de Lleida



Màquina per l'anàlisi de vibracions

4.ANNEX 3. ESPECIFICACIONS

Marta Ardiaca Marsol




I/O Connector

The USB-6008/6009 ships with one detachable screw terminal block for analog signals and one detachable screw terminal block for digital signals. These terminal blocks provide 16 connections that use 16 AWG to 28 AWG wire.

Table 1 lists the analog terminal assignments, and Table 2 lists the digital terminal assignments.

Table 1. Analog Terminal Assignments

Module	Terminal	Signal, Single-Ended Mode	Signal, Differential Mode
	1	GND	GND
	2	AI 0	AI 0+
	3	AI 4	AI 0-
	4	GND	GND
	5	AI 1	AI 1+
	6	AI 5	AI 1-
	7	GND	GND
	8	AI 2	AI 2+
	9	AI 6	AI 2-
	10	GND	GND
	11	AI 3	AI 3+
	12	AI 7	AI 3-
	13	GND	GND
	14	AO 0	AO 0
	15	AO 1	AO 1
	16	GND	GND




Màquina per l'anàlisi de vibracions

4.ANNEX 3.
ESPECIFICACIONS

Marta Ardiaca Marsol

Table 2. Digital Terminal Assignments

Module	Terminal	Signal
	17	P0.0
	18	P0.1
	19	P0.2
	20	P0.3
	21	P0.4
	22	P0.5
	23	P0.6
	24	P0.7
	25	P1.0
	26	P1.1
	27	P1.2
	28	P1.3
	29	PF1.0
	30	+2.5 V
	31	+5 V
	32	GND



Signal Descriptions

Table 3 describes the signals available on the I/O connectors.

Table 3. Signal Descriptions

Signal Name	Reference	Direction	Description
GND	—	—	Ground —The reference point for the single-ended AI measurements, bias current return point for differential mode measurements, AO voltages, digital signals at the I/O connector, +5 VDC supply, and the +2.5 VDC reference.
AI <0...7>	Varies	Input	Analog Input Channels 0 to 7 —For single-ended measurements, each signal is an analog input voltage channel. For differential measurements, AI 0 and AI 4 are the positive and negative inputs of differential analog input channel 0. The following signal pairs also form differential input channels: <AI 1, AI 5>, <AI 2, AI 6>, and <AI 3, AI 7>.
AO 0	GND	Output	Analog Channel 0 Output —Supplies the voltage output of AO channel 0.
AO 1	GND	Output	Analog Channel 1 Output —Supplies the voltage output of AO channel 1.
PI <0...3> PO <0...7>	GND	Input or Output	Digital I/O Signals —You can individually configure each signal as an input or output.
+2.5 V	GND	Output	+2.5 V External Reference —Provides a reference for wrap-back testing.
+5 V	GND	Output	+5 V Power Source —Provides +5 V power up to 200 mA.
PFI 0	GND	Input	PFI 0 —This pin is configurable as either a digital trigger or an event counter input.

Universitat de Lleida



Màquina per l'anàlisi de vibracions

4.ANNEX 3. ESPECIFICACIONS

Marta Ardiaca Marsol

Analog Input

You can connect analog input signals to the USB-6008/6009 through the I/O connector. Refer to Table 3 for more information about connecting analog input signals.

Analog Input Circuitry

Figure 6 illustrates the analog input circuitry of the USB-6008/6009.

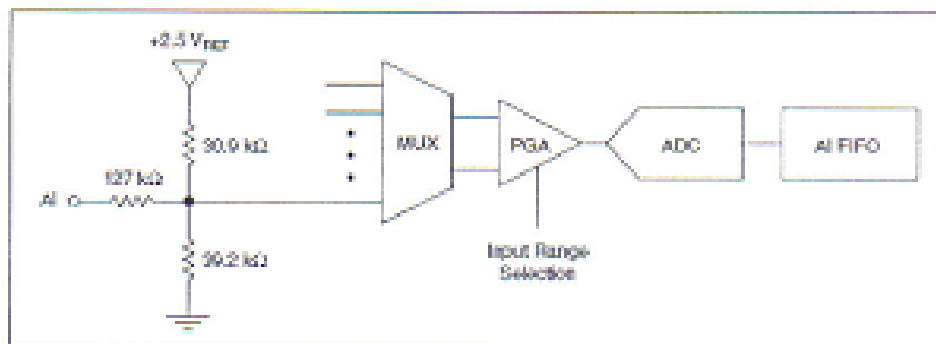


Figure 6. Analog Input Circuitry

MUX

The USB-6008/6009 has one analog-to-digital converter (ADC). The multiplexer (MUX) routes one AI channel at a time to the PGA.

PGA

The programmable-gain amplifier provides input gains of 1, 2, 4, 5, 8, 10, 16, or 20 when configured for differential measurements and gain of 1 when configured for single-ended measurements. The PGA gain is automatically calculated based on the voltage range selected in the measurement application.

A/D Converter

The analog-to-digital converter (ADC) digitizes the AI signal by converting the analog voltage into a digital code.

AI FIFO

The USB-6008/6009 can perform both single and multiple A/D conversions of a fixed or infinite number of samples. A first-in-first-out (FIFO) buffer holds data during AI acquisitions to ensure that no data is lost.

Analog Input Modes

You can configure the AI channels on the USB-6008/6009 to take single-ended or differential measurements. Refer to Table 3 for more information about I/O connections for single-ended or differential measurements.

Connecting Differential Voltage Signals

For differential signals, connect the positive lead of the signal to the AI+ terminal, and the negative lead to the AI- terminal.

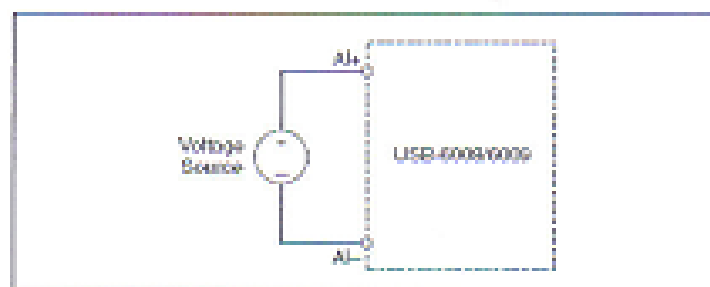


Figure 7. Connecting a Differential Voltage Signal

The differential input mode can measure ± 20 V signals in the ± 20 V range. However, the maximum voltage on any one pin is ± 10 V with respect to GND. For example, if AI 1 is +10 V and AI 5 is -10 V, then the measurement returned from the device is +20 V.

Universitat de Lleida



Màquina per l'anàlisi de vibracions

4.ANNEX 3. ESPECIFICACIONS

Marta Ardiaca Marsol

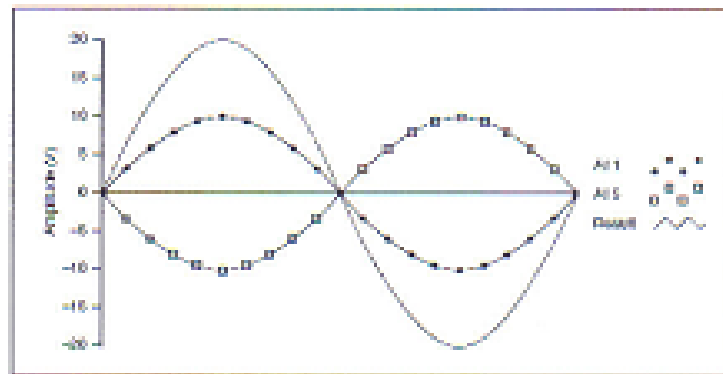


Figure 8. Example of a Differential 20 V Measurement

Connecting a signal greater than ± 10 V on either pin results in a clipped output.

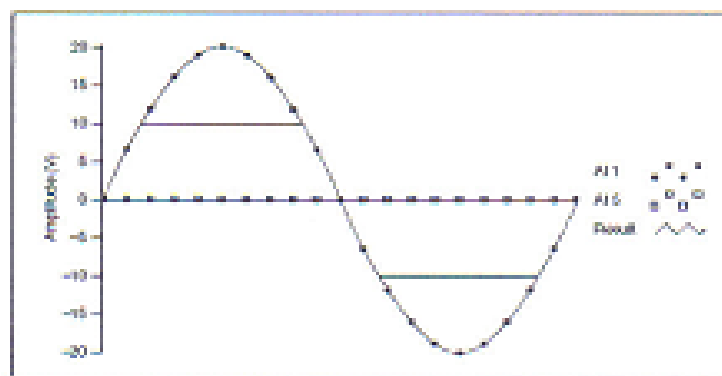


Figure 9. Exceeding +10 V on AI Returns Clipped Output

Connecting Reference Single-Ended Voltage Signals

To connect reference single-ended voltage signals (RSE) to the USB-6008/6009, connect the positive voltage signal to the desired AI terminal, and the ground signal to a GND terminal.

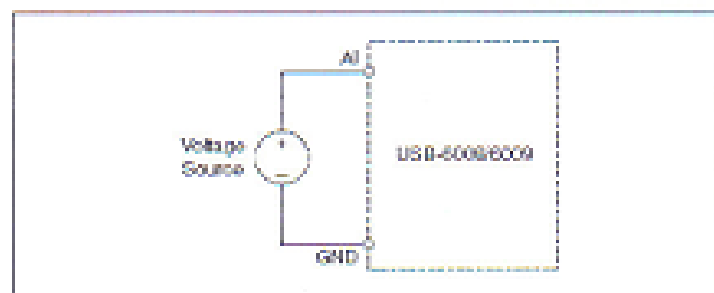


Figure 10. Connecting a Differential Voltage Signal

Digital Trigger

When an AI task is defined, you can configure PFI 0 as a digital trigger input. When the digital trigger is enabled, the AI task waits for a rising edge on PFI 0 before starting the acquisition. To use ai/Start Trigger with a digital source, specify PFI 0 as the source and select rising edge.

Analog Output

The USB-6008/6009 has two independent AO channels that can generate outputs from 0–5 V. All updates of AO lines are software-timed.

Analog Output Circuitry

Figure 11 illustrates the analog output circuitry for the USB-6008/6009.

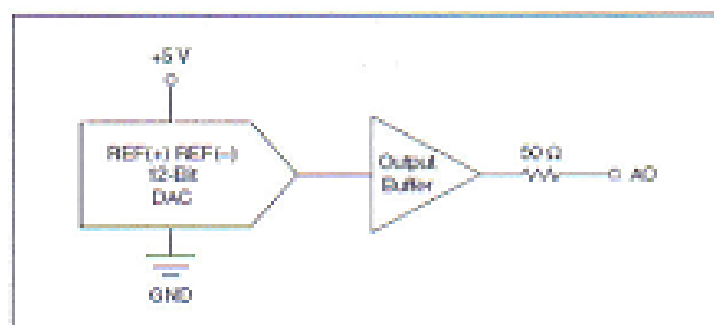


Figure 11. Analog Output Circuitry

DACs

Digital-to-analog converters (DACs) convert digital codes to analog voltages.

Universitat de Lleida



Màquina per l'anàlisi de vibracions

4.ANNEX 3. ESPECIFICACIONS

Marta Ardiaca Marsol

Connecting Analog Output Loads

To connect loads to the USB-6008/6009, connect the positive lead of the load to the AO terminal, and connect the ground of the load to a GND terminal.

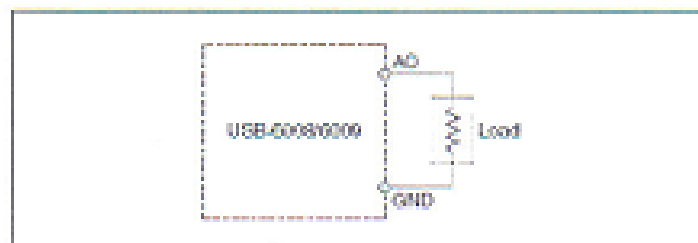


Figure 12. Connecting a Load

Minimizing Glitches on the Output Signal

When you use a DAC to generate a waveform, you may observe glitches in the output signal. These glitches are normal; when a DAQ switches from one voltage to another, it produces glitches due to released charges. The largest glitches occur when the most significant bit of the DAC code changes. You can build a low-pass deglitching filter to remove some of these glitches, depending on the frequency and nature of the output signal. Refer to ni.com/support for more information about minimizing glitches.

Digital I/O

The USB-6008/6009 has 12 digital lines, P0.<0..7> and P1.<0..3>, which comprise the DIO port. GND is the ground-reference signal for the DIO port. You can individually program all lines as inputs or outputs.

Digital I/O Circuitry

Figure 13 shows P0.<0..7> connected to example signals configured as digital inputs and digital outputs. You can configure P1.<0..3> similarly.

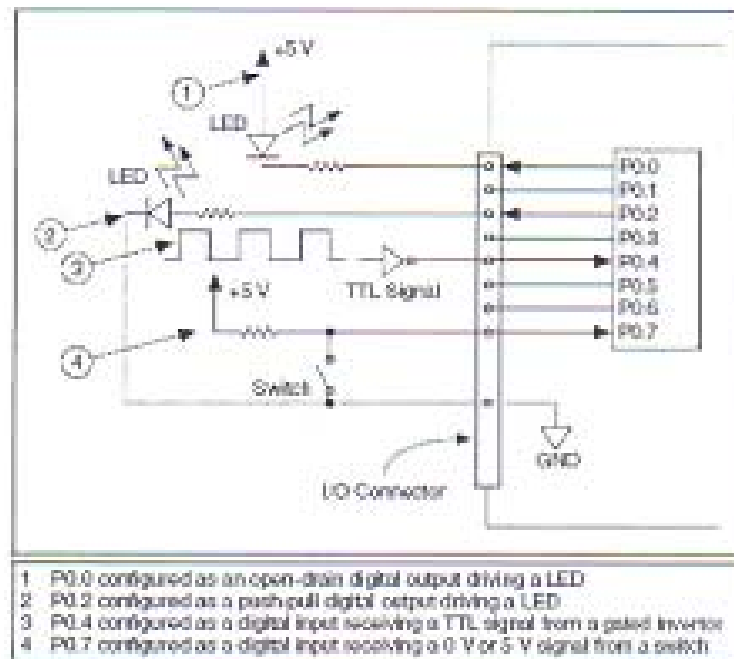


Figure 13. Example of Connecting a Load



Caution Exceeding the maximum input voltage ratings or maximum output ratings, which are listed in the specifications, can damage the DAQ device and the computer. National Instruments is not liable for any damage resulting from such signal connections.

Source/Sink Information

The default configuration of the USB-6008/6009 DIO ports is open-drain, allowing 5 V operation, with an onboard 4.7 kΩ pull-up resistor. An external, user-provided, pull-up resistor can be added to increase the source current drive up to a 8.5 mA limit per line as shown in Figure 14.

Universitat de Lleida



Màquina per l'anàlisi de vibracions

4.ANNEX 3. ESPECIFICACIONS

Marta Ardiaca Marsol

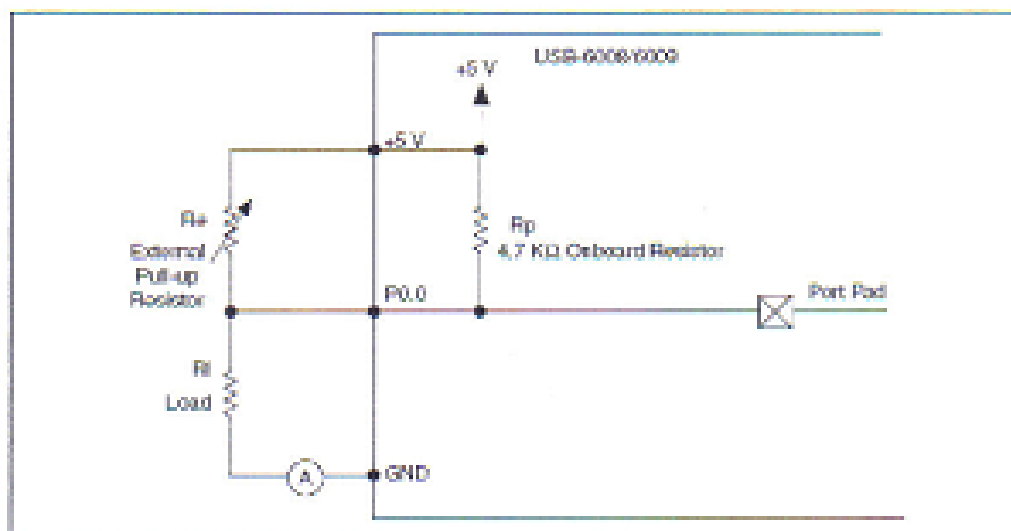


Figure 14. Example of Connecting External User-Provided Resistor

Complete the following steps to determine the value of the user-provided pull-up resistor:

1. Place an ammeter in series with the load.
2. Place a variable resistor between the digital output line and the +5 V.
3. Adjust the variable resistor until the ammeter current reads as the intended current. The intended current must be less than 8.5 mA.
4. Remove the ammeter and variable resistor from your circuit.
5. Measure the resistance of the variable resistor. The measured resistance is the ideal value of the pull-up resistor.
6. Select a static resistor value for your pull-up resistor that is greater than or equal to the ideal resistance.
7. Re-connect the load circuit and the pull-up resistor.

I/O Protection

To protect the USB-6008/6009 against overvoltage, undervoltage, and overcurrent conditions, as well as ESD events, you should avoid these fault conditions by using the following guidelines:

- If you configure a DIO line as an output, do not connect it to any external signal source, ground signal, or power supply.
- If you configure a DIO line as an output, understand the current requirements of the load connected to these signals. Do not exceed the specified current output limits of the DAQ device.



National Instruments has several signal conditioning solutions for digital applications requiring high current drive.

- If you configure a DIO line as an input, do not drive the line with voltages outside of its normal operating range. The DIO lines have a smaller operating range than the AI signals.
- Treat the DAQ device as you would treat any static sensitive device. Always properly ground yourself and the equipment when handling the DAQ device or connecting to it.

Power-On States

At system startup and reset, the hardware sets all DIO lines to high-impedance inputs. The DAQ device does not drive the signal high or low. Each line has a weak pull-up resistor connected to it.

Static DIO

Each of the USB-6008/6009 DIO lines can be used as a static DI or DO line. You can use static DIO lines to monitor or control digital signals. All samples of static DI lines and updates of DO lines are software-timed.

Event Counter

You can configure PF10 as a source for a gated inverter counter input edge count task. In this mode, falling-edge events are counted using a 32-bit counter. For more information about event timing requirements, refer to the *Specifications* section.

Reference and Power Sources

The USB-6008/6009 creates an external reference and supplies a power source.

+2.5 External References

The USB-6008/6009 creates a high-purity reference voltage supply for the ADC using a multi-state regulator, amplifier, and filter circuit. The resulting +2.5 V reference voltage can be used as a signal for self test. Refer to the *Self Test* section, for more information.

Universitat de Lleida



Màquina per l'anàlisi de vibracions

4.ANNEX 3. ESPECIFICACIONS

Marta Ardiaca Marsol



+5 V Power Source

The USB-6008/6009 supplies a 5 V, 200 mA output. This source can be used to power external components.



Note While the device is in USB suspend, the output is disabled.

Specifications

The following specifications are typical at 25 °C, unless otherwise noted.

Analog Input

Converter type	Successive approximation
Analog inputs	8 single-ended/4 differential, software selectable
Input resolution	
USB-6008	12 bits differential, 11 bits single-ended
USB-6009	14 bits differential, 13 bits single-ended
Max sampling rate ¹	
USB-6008	48 kS/s
USB-6009	10 kS/s
AI FIFO	512 bytes
Timing resolution	41.67 ns (24 MHz timebase)
Timing accuracy	100 ppm of actual sample rate
Input range	
Single-ended	±10 V
Differential	±20 V, ±10 V, ±5 V, ±4 V, ±2.5 V, ±2 V, ±1.25 V, ±1 V
Working voltage	±10 V
Input impedance	144 kΩ
Overvoltage protection	±35

¹ Might be system dependent

Universitat de Lleida



Màquina per l'anàlisi de vibracions

4.ANNEX 3. ESPECIFICACIONS

Marta Ardiaca Marsol



Trigger source Software or external digital trigger

System noise 0.3 LSB rms (± 10 V range)

Absolute accuracy at full scale, single ended

Range	Typical at 25 °C (mV)	Maximum over Temperature (mV)
± 10	14.7	138

Absolute accuracy at full scale, differential¹

Range	Typical at 25 °C (mV)	Maximum over Temperature (mV)
± 20	14.7	138
± 10	7.73	84.8
± 5	4.28	58.4
± 4	3.59	53.1
± 2.5	2.56	45.1
± 2	2.21	42.5
± 1.25	1.70	38.9
± 1	1.53	37.5

¹ Input voltages may not exceed the working voltage range.

Analog Output

Converter type Successive approximation

Analog outputs 2

Output resolution 12 bits

Maximum update rate 150 Hz, software-timed

Output range 0 to +5 V

Output impedance 50 Ω

Output current drive 5 mA

Power-on state 0 V

Universitat de Lleida



Màquina per l'anàlisi de vibracions

4.ANNEX 3. ESPECIFICACIONS

Marta Ardiaca Marsol



Slew rate	1 V/μs
Short circuit current	50 mA
Absolute accuracy (no load)	7 mV typical, 36.4 mV maximum at Full Scale

Digital I/O

Digital I/O	
PO<0..7>	8 lines
PI<0..3>	4 lines
Direction control	Each channel individually programmable as input or output
Output driver type	
USB-6008	Open-drain
USB-6009	Each channel individually programmable as push-pull or open-drain
Compatibility	TTL, LVTTTL, CMOS
Absolute maximum voltage range	-0.5 to 5.8 V with respect to GND
Pull-up resistor	4.7 kΩ to 5 V
Power-on state	Input (high impedance)
Digital logic levels	

Level	Min	Max	Units
Input low voltage	-0.3	0.8	V
Input high voltage	2.0	5.8	V
Input leakage current	—	50	μA
Output low voltage (I = 8.5 mA)	—	0.8	V
Output high voltage			
Push-pull, I = -8.5 mA	2.0	3.5	V
Open-drain, I = -0.6 mA, nominal	2.0	5.0	V
Open-drain, I = -8.5 mA, with external pull-up resistor	2.0	—	V

External Voltage

+5 V output (200 mA maximum)	+5 V typical, +4.85 V minimum
+2.5 V output (1 mA maximum)	+2.5 V typical

**Counter**

+2.5 V accuracy	0.25% max
Reference temperature drift	50 ppm/°C max

Number of counters	1
Resolution	32 bits
Counter measurements	Edge counting (falling-edge)
Pull-up resistor	4.7 kΩ to 5 V
Maximum input frequency	5 MHz
Minimum high pulse width	100 ns
Minimum low pulse width	100 ns
Input high voltage	2.0 V
Input low voltage	0.8 V

Bus Interface

USB specification	USB 2.0 full-speed
USB bus speed	12 Mbps

Power Requirements

USB	
4.10 to 5.25 VDC	80 mA typical, 500 mA max
USB suspend	300 µA typical, 500 µA max

Physical Characteristics

If you need to clean the module, wipe it with a dry towel.

Dimensions	
Without connectors	6.35 cm × 8.51 cm × 2.31 cm (2.50 in. × 3.35 in. × 0.91 in.)
With connectors	8.18 cm × 8.51 cm × 2.31 cm (3.22 in. × 3.35 in. × 0.91 in.)

Universitat de Lleida



Màquina per l'anàlisi de vibracions

4.ANNEX 3. ESPECIFICACIONS

Marta Ardiaca Marsol



I/O connectors	USB series B receptacle, (2) 16 position terminal block plug headers
Weight	
With connectors	84 g (3 oz)
Without connectors	54 g (21 oz)
Screw-terminal wiring	16 to 26 AWG
Torque for screw terminals	0.22 to 0.25 N · m (2.0 to 2.2 lb · in.)

Safety

Standards

The USB-6008/6009 is designed to meet the requirements of the following standards of safety for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use:

- IEC 61010-1, EN 61010-1
- UL 61010-1
- CAN/CSA-C22.2 No. 61010-1



Note For UL and other safety certifications, refer to the product label, or visit ni.com/certification, search by model number or product line, and click the appropriate link in the Certification column.

Voltages

Connect only voltages that are within these limits.

Channel-to-GND	±30 V max. Measurement Category I
----------------------	--------------------------------------

Measurement Category I is for measurements performed on circuits not directly connected to the electrical distribution system referred to as **MAINS** voltage. **MAINS** is a hazardous live electrical supply system that powers equipment. This category is for measurements of voltages from specially protected secondary circuits. Such voltage measurements include signal levels, special equipment, limited-energy parts of equipment, circuits powered by regulated low-voltage sources, and electronics.



Caution Do not use this module for connection to signals or for measurements within Measurement Categories II, III, or IV.

Universitat de Lleida



Màquina per l'anàlisi de vibracions

4.ANNEX 3. ESPECIFICACIONS

Marta Ardiaca Marsol



Hazardous Locations

The USB-6008/6009 are not certified for use in hazardous locations.

Environmental

The USB-6008/6009 device is intended for indoor use only.

Operating temperature
(IEC 60068-2-1 and IEC 60068-2-2) 0 to 35 °C

Operating humidity
(IEC 60068-2-56) 10 to 90% RH, noncondensing

Maximum altitude 2,000 m (at 25°C ambient temperature)

Storage temperature
(IEC 60068-2-1 and IEC 60068-2-2) -40 to 85 °C

Storage humidity
(IEC 60068-2-56) 5 to 90% RH, noncondensing

Pollution Degree (IEC 60664) 2

Electromagnetic Compatibility

Emissions EN 55011 Class A at 10 m
FCC Part 15A above 1 GHz

Immunity Industrial levels per
EN 61326:1997 + A2:2001,
Table I

EMC/EMI CE, C-Tick, and FCC Part 15
(Class A) Compliant



Note The USB-6008/6009 may experience temporary variations in analog input readings when exposed to radiated and conducted RF noise. The device returns to normal operation after RF exposure is removed.

Universitat de Lleida



Màquina per l'anàlisi de vibracions

4.ANNEX 3.
ESPECIFICACIONS

Marta Ardiaca Marsol

CE Compliance

This product meets the essential requirements of applicable European Directives, as amended for CE marking, as follows:

Low-Voltage Directive (safety) 73/23/EEC

Electromagnetic Compatibility
Directive (EMC) 89/336/EEC



Note Refer to the Declaration of Conformity (DoC) for this product for any additional regulatory compliance information. To obtain the DoC for this product, visit ni.com/certification, search by model number or product line, and click the appropriate link in the Certification column.

Universitat de Lleida



Màquina per l'anàlisi de vibracions

4.ANNEX 3.
ESPECIFICACIONS

Marta Ardiaca Marsol

Where to Go for Support

The National Instruments Web site is your complete resource for technical support. At ni.com/support, you have access to everything from troubleshooting and application development self-help resources to email and phone assistance from NI Application Engineers.

A Declaration of Conformity (DoC) is our claim of compliance with the Council of the European Communities using the manufacturer's declaration of conformity. This system affords the user protection for electronic compatibility (EMC) and product safety. You can obtain the DoC for your product by visiting ni.com/certification. If your product supports calibration, you can obtain the calibration certificate for your product at ni.com/calibration.

National Instruments corporate headquarters is located at 11500 North Mopac Expressway, Austin, Texas, 78759-3504. National Instruments also has offices located around the world to help address your support needs. For telephone support in the United States, create your service request at ni.com/support and follow the calling instructions or dial 512-795-8248. For telephone support outside the United States, contact your local branch office:

Australia 1800 300 800, Austria 43 0 662 45 79 90 0,
Belgium 32 0 2 757 00 20, Brazil 55 11 3262 3599,
Canada (Calgary) 403 274 9391, Canada (Ottawa) 613 233 5949,
Canada (Québec) 450 510 3055, Canada (Toronto) 905 785 0085,
Canada (Vancouver) 604 685 7530, China 86 21 6555 7838,
Czech Republic 420 224 235 774, Denmark 45 45 76 26 00,
Finland 358 0 9 725 725 11, France 33 0 1 48 14 24 24,
Germany 49 0 89 741 31 30, India 91 80 51190000,
Israel 972 0 3 6393737, Italy 39 02 413091, Japan 81 3 5472 2970,
Korea 82 02 3451 3400, Malaysia 603 9131 0918,
Mexico 01 800 010 0793, Netherlands 31 0 348 433 466,
New Zealand 0800 553 322, Norway 47 0 66 90 76 60,
Poland 48 22 3390150, Portugal 351 210 311 210,
Russia 7 095 783 68 51, Singapore 65 6226 5886,
Slovenia 386 3 425 4200, South Africa 27 0 11 805 8197,
Spain 34 91 640 0085, Sweden 46 0 8 587 895 60,
Switzerland 41 56 200 51 51, Taiwan 886 2 2528 7227,
Thailand 662 992 7519, United Kingdom 44 0 1635 523545

National Instruments, NI, ni.com, and LabVIEW are trademarks of National Instruments Corporation. Refer to the 74705-01/US-00000101 at ni.com/legal for more information about National Instruments trademarks. Other product and company names mentioned herein are trademarks or trade names of their respective companies. For patents covering National Instruments products, refer to the appropriate location: Help > Patents in your software, the patent section file in your CD, or ni.com/patents.

© 2004 National Instruments Corporation. All rights reserved.

371383A-01

Dec04

Universitat de Lleida



Màquina per l'anàlisi de vibracions

4.ANNEX 3. ESPECIFICACIONS

Marta Ardiaca Marsol



5. Plec de condicions



5.0 ÍNDEX DE L'ANNEX DEL PLEC DE CONDICIONS

5.1	OBJECTE DEL PLEC DE CONDICIONS	100
5.2	DESCRIPCIÓ DEL PROJECTE	100
5.3	NORMATIVA I REGLAMENTS	101
5.4	CONDICIONES TÈCNIQUES	102
5.5	CONDICIONS DE MUNTATGE	102
5.6	MANTENIMENT	103
5.7	FULLS D'ESPECIFICACIONS	105



5.1 Objecte del plec de condicions

El plec de condicions té com a principal objectiu la regulació de les condicions entre les parts contractants, definint els següents aspectes:

- Descripció del projecte.
- Normativa i reglaments.
- Condicions tècniques.
- Condicions de muntatge.
- Manteniment.

5.2 Descripció del projecte

L'objecte del projecte és crear una màquina per l'anàlisi de vibracions d'un grau de llibertat, aquestes seran lliures mitjançant la separació del mecanisme massa – molla de la seva posició d'equilibri, com forçades amb l'accionament del mecanisme de jou escocès inclòs en la serra de calar.

El mecanisme permet la realització de les pràctiques de l'assignatura d'ampliació de física, del segon curs d'Enginyeria Tècnica Industrial,



especialitat en mecànica, mitjançant l'anàlisi de vibracions per diferents masses i molles que es poden anar intercanviant.

Per a la realització d'un anàlisi més exhaustiu dels resultats s'ha incorporat un sensor de desplaçament LVDT, encarregat de llegir el desplaçament que es produeix en un sistema massa – molla.

5.3 Normativa d'aplicació

S'ha de complir la normativa referent a la Prevenció de riscos laborals, en els següents aspectes;

Des de punt de vista de la seguretat:

- R.D. 1495-86 Seguretat en màquines i les seves modificacions.
- R.D. 485-1997 Senyalització de seguretat i salut.
- R.D. 486-1999 Seguretat i salut en els llocs de treball.
- R.D. 1215-1997 Referent a la utilització d'equips de treball.
- R.D. 614-2001 Protecció riscos elèctrics.
- R.D. 842-2002 Reglament electrotècnic de baixa tensió i les seves instruccions tècniques complementaries.

Des del punt de vista de l'ergonomia:

- R.D. 487-1997 Manipulació de càrregues.



Des del punt de vista de la higiene:

- R.D.286-2006 Exposició al soroll.
- R.D.1311-2005 Riscos a les vibracions.

5.4 Condicions tècniques

Tots els acers utilitzats en el projecte, hauran de complir la norma UNE 36071 referents al acer al carboni.

L'acer utilitzat en la construcció de l'estructura general i l'estructura de suport de les masses, serà d'acer de construcció del tipus ST-37, de 370N/mm² de resistència a la tracció.

Pel que fa a la resta de materials utilitzats, estaran subjectes:

- Pel que fa a la qualitat a les normes ISO 9002
- Pel que fa a la seva forma a les normes UNE.

La mecanització de les masses intercanviables es farà amb una talladora de serra i una fresadora.

Les vares roscades es podran tallar amb una serra manual.

5.5 Condicions de muntatge



Separarem les condicions de muntatge en els components fixes i el mòbils i la part elèctrica.

Elements fixes:

Aquests s'ajustaran a l'estructura, han estat dissenyats per a no ser modificats una vegada construïda la màquina, ja que crearia irregularitats i falta d'ajust en el mecanisme.

- La guia es muntarà seguint les indicacions que trobem en la memòria 1.10.2, s'ha d'assegurar que quedi totalment vertical, per evitar que existeixin friccions entre els components que han d'estar ajustats.
- S'han d'ajustar els rodaments a la guia, fixant-les en el punt òptim, per que no existeixi joc entre els components i no es pressioni la guia, fet que augmentaria la fricció entre els components, no deixant el lliure moviment d'aquests.
- La vareta del sensor es subjectarà a l'estructura de suport de les masses mitjançant dues femelles, assegurant la verticalitat, per tal de que penetri en el sensor sense quedar bloquejada en el rang de desplaçament.
- L'estructura s'aguantarà mitjançant elements elàstics, que compleixen una doble funció, la de subjectar l'estructura i garantir la seva estabilitat i la d'absorbir les vibracions.

Elements mòbils:

Aquests es modificaran per a la realització dels diferents experiments, per aquest motiu s'ha pensat en unions que permetin el fàcil muntatge i desmuntatge dels seus elements.

- La serra es subjectarà mitjançant dues vares roscades M4 i dues femelles papallona, tal i com s'indica a la memòria en l'apartat 1.10.7.



- La molla s'unirà a la vara roscada mitjançant dos femelles en cada extrem d'aquesta, facilitant el intercanvi de les diferents molles.
- El sensor tal i com s'indica a la memòria es subjectarà mitjançant quatre femelles papallona, per facilitar el seu desmuntatge per tal d'adequar-lo als diferents tipus d'experiments.

Elements elèctrics:

- La connexió del sensor es realitza mitjançant un connector Binder, que permet la separació dels diferents elements, en elèctrics i mecànics.
- Tots els elements elèctrics estaran estanyats en els seus extrems, fixant les parts amb unions cargolades o bé soldades.

5.6 Manteniment

Es seguirà el següent manteniment preventiu:

- Treure la pols de la guia i els rodets, sempre que hi hagi una petita pel·lícula de pols que escurci la vida dels elements.
- Mensualment es revisarà visualment l'estat general de la màquina i es verificaran els següents punts:
 - Comprovar que no falti cap cargol i que no n'hi hagi cap de fluix
 - Comprovar que no hi hagi cap element trencat o deteriorat
 - Comprovar que tots els elements estiguin en la posició per la qual estan projectats



- En totes les parts més dèbils de l'estructura, com són les línies de plegat i els punts on hi ha cargols de subjecció, es comprovarà que no apareguin esquerdes.
 - Es verificarà que no es senti cap soroll anòmal
 - Es comprovarà la correcta posta a terra de la màquina, revisant l'estructura i els seus suports.
 - Es verificaran tots els punts de connexió del cablejat, com el bon estat de les soldadures.
 - Es realitzarà la calibració dels diferents elements elèctrics.
- La màquina es guardarà en un lloc exempt de pols i partícules sòlides en suspensió o be es cobrirà mitjançant una funda per tal d'evitar que aquesta s'embruti de manera excessiva.

5.7 Fulls d'especificacions

Nom Vara roscada M6	Marca ____
----------------------------	-------------------


Universitat de Lleida



Màquina per l'anàlisi de vibracions

5. PLEC DE CONDICIONS

Marta Ardiaca Marsol


Descripció Vara roscada DIN 975 M6. Zincada	Imatge/ Esquema 
--	--

Funció Unió de l'estructura de suport de les masses amb la molla, subjecció de les masses.

Materials Acer al carboni, tractament superficial de zincat. Dimensions 140 mm

Nom Vara roscada M6	Marca ____
----------------------------	-------------------



Descripció	Imatge/ Esquema
Vara roscada DIN 975 M6. Zincada Mecanitzat en la part superior.	

Funció	Unió de la serra de calar amb la molla.
---------------	---

Materials	Acer al carboni, tractament superficial de zincat.
Dimensions	100 mm, rebaixada 10 mm en la part superior.

Universitat de Lleida



Màquina per l'anàlisi de vibracions

5. PLEC DE CONDICIONS

Marta Ardiaca Marsol

Nom	Aïllador de vibracions	Marca	LESOL
------------	------------------------	--------------	-------


Descripció Vara roscada M8, zincada longitud de 15 mm. 40 mm de diàmetre del tac de cautxú. Capacitat de suport de massa de 20 a 60 Kg. Enroscada amb una femella de cap cec M8 zincada.	Imatge/ Esquema
---	--------------------------------

Funció	Eliminar les vibracions que pot transmetre l'estructura al suports.
---------------	---

Materials	Acer al carboni, tractament superficial de zincat i tac de cautxú.
Dimensions	M4 x 15 mm



Nom Resbaladeras, sistemas de deslizamiento lineal NC25	Marca Hepco
--	--------------------

Descripció Guies formades per una zona perfilada d'acer al carboni d'alta precisió, endurida a les cantonades en V (duresa normal 55-60 HRC) Mecanitzat en la part central, quatre forats distribuïts per la guia per garantir la subjecció.	Imatge/ Esquema 
---	---

Funció	Limitar el moviment del conjunt en una direcció (Y), amb l'ajuda dels rodets.
---------------	---

Materials	Acer al carboni d'alta precisió.
Dimensions	356 x 25,5 mm



Nom	Rodaments – conjunt SJ-265 - C	Marca	Hepco
------------	--------------------------------	--------------	-------

Descripció	Imatge/ Esquema
<p>Disposen d'una estria compacta i profunda en un rodament de boles i rectificat amb precisió, amb perfil de V en la pista exterior per encaixar amb la guia. Estan lubricats de per vida.</p> <p>Conformatats mitjançant la metal·lúrgia de pols.</p>	

Funció	Encaixar a la guia, per tal de desplaçar l'estructura de suport de les masses en una direcció (Y).
---------------	--

Materials	Acer al carboni d'alta precisió.
------------------	----------------------------------

Universitat de Lleida




Màquina per l'anàlisi de vibracions

5. PLEC DE CONDICIONS

Marta Ardiaca Marsol


Nom	Cargol M5 x 25 de cap cilíndric	Marca	Blist
------------	---------------------------------	--------------	-------

Descripció Cargol de cap cilíndric DIN 84 zincat. Cargol amb rosca mètrica M5 Longitud de 25 mm. S'enrosquen amb femelles hexagonals M5 zincades.	Imatge/ Esquema 
--	--

Funció	Fixar la guia a l'estructura.
---------------	-------------------------------


Materials	Acer al carboni amb tractament superficial de zincat.
Dimensions	M5 x 25 mm



Nom Serra de calar.	Marca Black & Decker
Descripció Potència 450 W. 5 velocitats. Número de carreres sense càrrega 800 – 3.100 min ⁻¹ Amplitud del moviment 55 mm. Declaració CE de conformitat. Subjecció mitjançant dos vares roscades M4 de 20 mm, zincades i subjectes a l'estructura per dos femelles papallona de M4 zincades.	Imatge/ Esquema 
Funció Accionament de la base, mitjançant un moviment harmònic simple.	
Dimensions 200 x 175 mm	



Nom	Sensor LVDT SM260.60.2.S	Marca	SCHREIBER - Messtechnik
------------	--------------------------	--------------	-------------------------

<p>Descripció</p> <p>Desplaçament de 60 mm, amb vareta lliure.</p> <p>Connexió mitjançant connector Binder IP67.</p> <p>Linealitat 0,25%.</p> <p>Grau de protecció IP68.</p> <p>Voltatge de sortida 0,5 - 4,5 V.</p>	<p>Imatge/ Esquema</p> 
---	--

Funció	Llegir els desplaçaments del conjunt massa- molla.
---------------	--

Dimensions	Nucli: 170 mm i diàmetre de 12 mm	Vareta: 60 mm i diàmetre de 5 mm.
-------------------	-----------------------------------	-----------------------------------

Universitat de Lleida



Màquina per l'anàlisi de vibracions


5. PLEC DE CONDICIONS

Marta Ardiaca Marsol

Nom Abrasadores de muntatge SM906.260	Marca Guemisa
Descripció Peça rectangular amb un orifici en la part central per a la fixació del sensor. En els laterals disposa de dos orificis per a la subjecció mitjançant cargols, del sensor a l'estructura.	Imatge/ Esquema 
Funció Fixar el sensor a l'estructura.	
Materials Llautó niquelat. Dimensions 30 x 20 x 10 mm	



Nom	Cargol DIN 74 – Kf4	Marca	Guemisa
------------	---------------------	--------------	---------

Descripció	Imatge/ Esquema
<p>Cargol de cap cilíndric DIN 74 – kf4 zincat.</p> <p>Part superior amb ranura per clau allen.</p> <p>Longitud de 30 mm.</p> <p>S'enrosquen amb femelles papallona M4 zincades.</p>	

Funció	Fixar la guia a l'estructura.
---------------	-------------------------------

Universitat de Lleida




Màquina per l'anàlisi de vibracions

5. PLEC DE CONDICIONS

Marta Ardiaca Marsol

Materials	Acer al carboni amb tractament superficial de zincat.
Dimensions	M5 x 25 mm

Nom	Tarja d'adquisició de dades USB-6008	Marca	Nacional Instruments
------------	--------------------------------------	--------------	----------------------

Descripció	Imatge/ Esquema
<p>Número de postres per segon 10 ks/s</p> <p>Resolució de 12 bits en mode diferencial i 11 bits en mode normal.</p> <p>Voltatge de treball ± 10 V</p> <p>Impedància d'entrada 144 kΩ</p>	

Universitat de Lleida

Màquina per l'anàlisi de vibracions



5. PLEC DE CONDICIONS

Marta Ardiaca Marsol

Funció Obtenir les dades del desplaçament del conjunt massa – molla i enviar-ho a l'ordinador.

Materials Metall i plàstic.

Dimensions 76 x 65 x 24 mm

Nom Font alimentació sensor FE - 16

Marca Cebek

Descripció

Voltatge d'entrada: 0 – 230 V.

Voltatge de sortida: 24 V cc.

Intensitat màxima constant: 300 mA

Intensitat màxima de pic: 500 mA

Arista màxim amb càrrega: 5 mV.

Imatge/ Esquema

Universitat de Lleida

Màquina per l'anàlisi de vibracions



5. PLEC DE CONDICIONS

Marta Ardiaca Marsol

Funció Alimentar el sensor.

Dimensions **Transformador:** 73 x 43 x 38 mm
Mòdul : 54 x 44 x 20 mm

Nom Potenciòmetre

Marca Cebek

Descripció

Voltatge d'entrada: 0 – 230 V.

Voltatge de sortida: 24 V cc.

Intensitat màxima constant: 300 mA

Intensitat màxima de pic: 500 mA

Arista màxim amb càrrega: 5 mV.

Imatge/ Esquema

Universitat de Lleida



Màquina per l'anàlisi de vibracions

5. PLEC DE CONDICIONS

Marta Ardiaca Marsol

Funció Variar la freqüència que arriba a la serra de calar.

Dimensions 5 x 5 cm i regulador d'intensitat.



6. Estat d'amidaments

**7.0 ÍNDEX DE L'ESTAT D'AMIDAMENTS**

7.1 INTRODUCCIÓ	_____	120
7.2 LLISTAT D'ELEMENTS I QUANTITATS	_____	121
7.2.1 ELEMENTS ESTRUCTURALS	_____	
	121	
7.2.2 SISTEMA MASSA – MOLLA	_____	121
7.2.3 SISTEMA DE GUIATGE	_____	122
7.2.4 SISTEMA I SOPORT DE L'ACCIONAMENT DEL MOVIMENT DE LA BASE	_____	122
7.2.5 SISTEMA D'ADQUISICIÓ DE DADES	_____	123
7.2.6 CAIXA DE CONEXIONS	_____	123



6.1 Introducció

En l'estat d'amidaments realitzem el desglossament de tots els materials utilitzats per a la construcció de la màquina, indicant el número de l'element, quantitat, unitats i número de plano on el podem trobar, en el cas dels elements obtinguts de forma comercial els indiquem així: C (element comercial).

El llista el dividim per temàtiques comuns, com a resultat d'aquesta agrupació obtenim sis grups anomenats de la següent forma:

- 1r Elements estructurals
- 2n Sistema massa-molla
- 3r Sistema de guiatge
- 4t Sistema i suport de l'accionament del moviment de la base
- 5è Sistema d'adquisició de dades
- 6è Caixa de connexions



6.2 Llistat d'elements i quantitats

6.2.1 Elements estructurals

Nº PEÇA	Nº PLÀNOL	Descripció	CANTITAT	UNITATS
1	1	Estructura general de la màquina acer al carboni ST-37	1	u
C-7	6	Aïllador de vibracions LESOL	4	u
C-8	6	Femella M8 cap cec zincat	4	u
-	1	Soldadura escaires estructura	1	u

6.2.2 Sistema massa - molla

Nº PEÇA	Nº PLÀNOL	Descripció	CANTITAT	UNITATS
15	9	Molla fil acer 1 mm	1	u



Màquina per l'anàlisi de vibracions

6. ESTAT
D'AMIDAMENTS

Marta Ardiaca Marsol

C-12	8	Vara roscada M6	140	mm
3	2	Estructura suport de les masses acer al carboni ST-37	1	u
C-14	8	Femelles M6 zincades	5	u
C-13	8	Femella papallona M6 zincada	1	u
16	10	Masses intercanviables, 50 gr lacades	4	u

6.2.3 Sistema de guiatge

Nº PEÇA	Nº PLÀNOL	Descripció	CANTITAT	UNITATS
C-9	7	Resbaladera Hepco	1	u
C-10	7	Conjunt rodaments	4	u
C	7	Cargol cilíndric DIN 84 5x25 mm	4	u

6.2.4 Sistema i suport de l'accionament de la base

Nº PEÇA	Nº PLÀNOL	Descripció	CANTITAT	UNITATS
C	-	Serra de calar Black&Decker	1	u
C-20	11	Vara roscada M4 zincada	80	cm

Universitat de Lleida

Màquina per l'anàlisi de vibracions

6. ESTAT
D'AMIDAMENTS

Marta Ardiaca Marsol

C-21	11	Femella papallona M4 zincada	2	u
C	-	Femella M4 zincada	2	u
C-18	11	Vara roscada M6 rebaixada i zincada	10	cm
C-19	11	Femelles M6 zincades	2	u

6.2.5 Sistema d'adquisició de dades

Nº PEÇA	Nº PLÀNOL	Descripció	CANTITAT	UNITATS
C-5	5	Sensor LVDT SM260.60.2.S / connector Binder IP67	1	u
C-6	5	Abraçadera llautó SM901.402	2	u
C	-	Cargols	4	u
C	-	Femelles papallona M6 zincada	4	u
C	-	Femella M5 zincada	2	u
C	-	Banana estreta 4mm negra	2	u
C	-	Banana estreta 4mm roja	1	u

6.2.6 Caixa de connexions

Universitat de Lleida

Màquina per l'anàlisi de vibracions

6. ESTAT
D'AMIDAMENTS

Marta Ardiaca Marsol

Nº P E Ç A	Nº P L À N O L	Descripció	CA NT IT AT	UN ITA TS
C	-	Caixa estanca de paret de 240x190 mm IP56	1	u
C	-	Base de la caixa estanca de metacrilat	1	u
C	-	Kit FE16 Alimentació 24v 300mA	1	u
C	-	Tarja d'adquisició de dades National Instruments USB-6008	1	u
C	-	Femella banana petita 4mm negra	2	u
C	-	Femella banana petita 4mm roja	1	u
C	-	Cable informàtic USB A mascle/A femella de 1,8/2 m	1	u
C	-	Connector USB tipus B mascle	1	u
C	-	Potenciòmetre	1	u
C	-	Regleta de plàstic 6A doble	1	u
C	-	Base de xassís mascle	1	u
C	-	Base empotrada bipolar amb presa de terra de 16A	1	u
C	-	Cargol DIN 84 M3x15	13	u
C	-	Femella zinc M3	23	u
C	-	Volandera zinc 3 mm	28	u
C	-	Cable prolongador USB 3m A-A	1	u
C	-	Cable potència 230 v	1	u
C	-	Cable elèctric	1	m



7. Pressupost



7.0 ÍNDIX DEL PRESSUPOST

7.1	LLISTAT D'ELEMENTS I QUANTITATS	_____	127
7.1.1	ELEMENTS ESTRUCTURALS	_____	127
7.1.2	SISTEMA MASSA – MOLLA	_____	127
7.1.3	SISTEMA DE GUIATGE	_____	128
7.1.4	SISTEMA I SUPORT DE L'ACCIONAMENT DEL	_____	128
	MOVIMENT DE LA BASE		
7.1.5	SISTEMA D'ADQUISICIÓ DE DADES	_____	129
7.1.6	CAIXA DE CONEXIONS	_____	129
7.2	RESUM DEL PRESSUPOST	_____	131



7.1 Llistat d'elements i quantitats

7.1.1 Elements estructurals

Nº PEÇA	Nº PLÀNOL	Descripció	CAN TI T A T	UN IT S	PREU UNITA RI (€)	PREU TOTA L (€)
1	1	Estructura general de la màquina acer al carboni ST-37	1	u	15,000	15,000
C-7	6	Aïllador de vibracions LESOL	4	u	1,330	5,320
C-8	6	Femella M8 cap cec zincat	4	u	0,129	0,516
-	1	Soldadura escaires estructura	1	u	13,920	13,920

7.1.2 Sistema massa-molla

Nº PEÇA	Nº PLÀNOL	Descripció	CAN TI T A T	UN IT S	PREU UNITA RI (€)	PREU TOTA L (€)
15	9	Molla fil acer 1 mm	1	u	20,150	20,150

Universitat de Lleida



Màquina per l'anàlisi de vibracions

7. PRESSUPOST

Marta Ardiaca Marsol

C-12	8	Vara roscada M6 Estructura suport de les masses acer al carboni ST-37 Femelles M6 zincades Femella papallona M6 zincada Masses intercanviables, 50 gr lacades	140	m	0,060	0,060
3	2		1	u	3,000	3,000
C-14	8		5	u	0,059	0,295
C-13	8		1	u	0,190	0,190
16	10		4	u	5,000	5,000

7.1.3 Sistema de guiatge

Nº PEÇA	Nº PLÀNOL	Descripció	CANTITAT	UNITATS	PREU UNITARI (€)	PREU TOTAL (€)
C-9	7	Resbaladera Hepco	1	u	70,400	70,400
C-10	7	Conjunt rodaments	4	u	27,240	108,960
C	7	Cargol cilíndric DIN 84 5x25 mm	4	u	0,066	0,264

7.1.4 Sistema i suport de l'accionament del moviment de la base

Nº PEÇA	Nº PLÀNOL	Descripció	CANTITAT	UNITATS	PREU UNITARI (€)	PREU TOTAL (€)
C	-	Serra de calar Black&Decker	1	u	41,090	41,090
C-20	11	Vara roscada M4 zincada	80	cm	0,240	0,480
C-21	11	Femella papallona M4 zincada	2	u	0,100	0,200

Universitat de Lleida

Màquina per l'anàlisi de vibracions

7. PRESSUPOST



Marta Ardiaca Marsol

C	-	Femella M4 zincada	2	u	0,070	0,140
C-18	11	Vara roscada M6 rebaixada i zincada	10	cm	0,050	0,050
C-19	11	Femelles M6 zincades	2	u	0,059	0,118

7.1.5 Sistema d'adquisició de dades

Nº PE ÇA	Nº P L À N O L	Descripció	CA NT IT AT	UN ITA TS	PREU UNITA RI (€)	PREU TOTAL (€)
C-5	5	Sensor LVDT SM260.60.2.S / connector Binder IP67	1	u	201,600	201,600
C-6	5	Abraçadera llautó SM901.402	2	u	16,800	33,600
C	-	Cargols	4	u	0,020	0,080
C	-	Femelles papallona M6 zincada	4	u	0,190	0,760
C	-	Femella M5 zincada	2	u	0,059	0,118
C	-	Banana estreta 4mm negra	2	u	0,960	1,920
C	-	Banana estreta 4mm roja	1	u	0,960	0,960

7.1.6 Caixa de connexions

Universitat de Lleida

Màquina per l'anàlisi de vibracions

7. PRESSUPOST



Marta Ardiaca Marsol

Nº P E Ç A	Nº P L À N O L	Descripció	CA NT IT AT	UN ITA TS	PREU UNITA RI (€)	PREU TOTAL (€)
C	-	Serra de calar Black&Decker	1	u	41,090	41,090
C	-	Vara roscada M4 zincada	80	cm	0,240	0,480
C	-	Femella papallona M4 zincada	2	u	0,100	0,200
C	-	Femella M4 zincada	2	u	0,070	0,140
C	-	Caixa estanca de paret de 240x190 mm IP56	1	u	10,700	10,700
C	-	Base de la caixa estanca de metacrilat	1	u	0,390	0,390
C	-	Kit FE16 Alimentació 24v 300mA	1	u	17,230	17,230
C	-	Tarja d'adquisició de dades National Instruments USB-6008	1	u	123,820	123,820
C	-	Femella banana petita 4mm negra	2	u	0,960	1,920
C	-	Femella banana petita 4mm roja	1	u	0,960	0,960
C	-	Cable informàtic USB A mascle/A femella de 1,8/2 m	1	u	2,518	2,518
C	-	Connector USB tipus B mascle	1	u	3,166	3,166
C	-	Potenciòmetre	1	u	2,000	2,000
C	-	Regleta de plàstic 6A doble	1	u	0,780	0,780
C	-	Base de xassís mascle	1	u	1,502	1,502
C	-	Base empotrada bipolar amb presa de terra de 16A	1	u	3,278	3,278
C	-	Cargol DIN 84 M3x15	13	u	0,015	0,195
C	-	Femella zinc M3	23	u	0,005	0,115
C	-	Volandera zinc 3 mm	28	u	0,004	0,112
C	-	Cable prolongador USB 3m A-A	1	u	5,300	5,300
C	-	Cable potència 230 v	1	u	6,230	6,230
C	-	Cable elèctric	1	m	0,50	0,50

Mà d'obra

20	h	12,000	240,000
----	---	--------	---------



7.2 Resum del pressupost

Total material	_____	704,327
Mà d'obra	_____	240,00
Total material + Mà d'obra	_____	944,327
12% Despeses generals	_____	84,519
5% Benefici industrial	_____	35,22
Despeses generals + BI	_____	119,74
16% IVA	_____	112,69

Universitat de Lleida



Màquina per l'anàlisi de vibracions

7. PRESSUPOST

Marta Ardiaca Marsol

<u>TOTAL</u>	<hr/>	<u>1176,76 €</u>
---------------------	-------	-------------------------

L'import total de l'execució del projecte ascendeix a la quantitat de **mil cent setanta-sis euros i setanta-sis cèntims, 1176,76 €**



8. Plànols



8.0 ÍNDEX DELS PLÀNOLS

Nº 1	Estructura general de la màquina.
Nº 2	Plegat de l'estructura general de la màquina
Nº 3	Estructura de suport de les masses
Nº 4	Plegat de l'estructura de suport de les masses
Nº 5	Sensor i suport del sensor
Nº 6	Element suport elàstic i accessori de muntatge.
Nº 7	Sistema de guiatge
Nº 8	Vara roscada i accessori de muntatge
Nº 9	Molla
Nº 10	Masses
Nº 11	Accionament de la base i accessoris de muntatge

